

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN – TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGIA

ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES



**“ESTIMACION DEL POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO,
DE LA ESPECIE CAPIRONA (*Caycophyllum spruceanum*)
EN EL CENTRO ECOLÓGICO LA JULIANITA 2012”**

TESIS
Para obtener el título de:
INGENIERO AMBIENTAL

Autor:
***Bach.* SERGIO RODRIGUEZ CELIZ**

Asesor:
***Ing. M.Sc.* RUBEN RUIZ VALLES**

MOYOBAMBA – PERU
2014

Nº Registro: 06050612

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN – TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGIA

ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES



**“ESTIMACION DEL POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO, DE LA
ESPECIE CAPIRONA (*Caycophyllum spruceanum*) EN EL CENTRO
ECOLÓGICO LA JULIANITA 2012”**

TESIS

Para obtener el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Autor:

***Bach.* SERGIO RODRIGUEZ CELIZ**

Asesor:

***Ing. M.Sc.* RUBEN RUIZ VALLES**

MOYOBAMBA – PERU

2014

N° Registro: 06050612



ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín-T sede Moyobamba y siendo las **Tres de la Tarde** del día **Viernes 19 de Diciembre del Dos Mil Catorce**, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

Blgo. M.Sc. ASTRIHT RUIZ RIOS

PRESIDENTE

Lic. MSc. FABIAN CENTURION TAPIA

SECRETARIO

Lic. RONALD JULCA URQUIZA

MIEMBRO

Ing. RUBEN RUIZ VALLES

ASESOR

Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulado **“ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO DE LA ESPECIE CAPIRONA (*Calycophyllum spruceanum*) EN EL CENTRO ECOLÓGICO LA JULIANITA MOYOBAMBA - 2012;** presentado por el Bachiller en Ingeniería Ambiental **SERGIO RODRIGUEZ CELIZ**, según Resolución Consejo de Facultad **N° 0073-2012- UNSM-T-FE-CF** de fecha **31 de Mayo del 2012**.

Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **BUENO** y nota **QUINCE (15)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **17:00pm** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

Blgo. M.Sc. Astriht Ruiz Ríos
Presidente

Lic. MSc. Fabián Centurión Tapia
Secretario

Lic. Ronald Julca Urquiza
Miembro

Ing. Rubén Ruiz Valles
Asesor

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a todas las personas que se preocupan por el medio ambiente para lograr el equilibrio y una vida de calidad.

*A mis padres Sergio Rodriguez y Aurelia Celiz, Por ser la fuerza que me impulsan a seguir adelante, por brindarme su apoyo incondicional y confiar siempre en mí para seguir adelante. **Los amo mucho.***

A mis hermanos por darme la fortaleza para salir adelante y cumplir mis objetivos gracias por sus consejos.

AGRADECIMIENTO

A los docentes Universitarios por sus enseñanzas en las aulas de nuestro centro de estudio y colaborar con mi formación académica.

Un agradecimiento muy especial al Ingeniero Rubén Ruiz Valles; por asumir la responsabilidad de ser mi asesor de tesis, para realizar y hacer posible este presente documento.

A mis compañeros de la universidad nacional de San Martín Rubén Dario Garcia, Oscar Guerra, Hans Mundaca, Erick Andy; Jardy Gonzales por compartir momentos inolvidables en nuestra formación académica y nuestra vida universitaria

RESÚMEN

El presente estudio de investigación se realizó en el Centro Ecológico la Julianita, distrito de Moyobamba, provincia Moyobamba, departamento de San Martín. Tuvo como objetivo principal: Estimar el potencial de captura de Carbono de la especie Capiroña (*Calycophyllum spruceanum*) en el centro ecológico la Julianita”, y como objetivos específicos:

- a. Determinar el carbono capturado en la biomasa de árboles vivos.
- b. Determinar el carbono capturado en la biomasa de hojarasca.
- c. Determinar la influencia del potencial de captura de carbono en el Centro Ecológico la Julianita.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques experimentales al azar, con 7 repeticiones, realizadas cada 15 días obteniendo un total de 28 muestras. Se realizaron la recolección de datos para la determinación de biomasa en la plantación de Capiroña, el secado de la muestra se realizó a temperatura ambiente se pesó la muestra cada 3 días hasta, obtener un peso uniforme de la muestra; con la información obtenida del trabajo de gabinete se obtuvieron los siguientes resultados:

- La influencia del potencial de captura de carbono en el Centro Ecológico la Julianita es importante ya que se determinó que la especie Capiroña (*Calycophyllum sprucearum*), capturo 9.94 Tn/ha de carbono y es un importante sumidero de carbono debido a que la plantación puede ser cosechada a partir del quinto año de siembra y puede alcanzar su madurez al décimo año.
- El carbono capturado en la biomasa de árboles vivos de la especie Capiroña (*Calycophyllum sprucearum*) en el centro

ecológico La Julianita, fue de 1.79 Tn/ha de carbono capturado.

- El carbono capturado en la biomasa de hojarasca de la especie Capirona (*Calycophyllum sprucearum*) en el centro ecológico La Julianita, fue de 14.93 Tn/ha de carbono capturado.
- La metodología aplicada demostró ser viable y no generó muchos gastos, el utilizar al DAP (diámetro a la altura del pecho) como única variable independiente simplifica el trabajo de campo y permite estimar el carbono capturado sin la necesidad de realizar estudios en laboratorio, los cuales son costosos y de difícil acceso en nuestro país.



CENTRO DE IDIOMAS

ABSTRACT

This research study was carried out in the Julianita Ecological Center, Moyobamba district, Moyobamba province, San Martin department. Had as its main objective: To estimate the carbon sequestration potential of the Capirona species (*Calycophyllum spruceanum*) in the Julianita Ecological Center, and as specific objectives:

- a) Determine the carbon captured in the biomass of living trees.
- b) Determine the carbon captured in the biomass of litter.
- c) Determine the influence of the carbon sequestration potential in the Julianita Ecological Center.

The experimental design was used experimental blocks at random, with 7 replicates, carried out every 15 days earning a total of 28 samples. Were made the data collection for the determination of biomass in the Capirona planting, the sample drying was carried out at ambient temperature are the sample weight every 3 days until, obtain a uniform weight of the sample; with information obtained from the work of cabinet the following results were obtained:

- The influence of the carbon sequestration potential in the Julianita Ecological Center is important because it was determined that the species Capirona (*Calycophyllum sprucearum*), captured 9.94 tn/ha of carbon and is a major carbon sink due to the plantation can be harvested from the fifth year of sowing and can reach maturity to the tenth year.
- Carbon captured in the biomass of trees of the Capirona species live (*Calycophyllum sprucearum*) in the Julianita Ecological Center was 1.79 tn/has captured carbon.
- Carbon captured in the biomass of leaf litter of the Capirona (*Calycophyllum sprucearum*) species in the Julianita Ecological Center Was 14.93 Tn/has captured carbon.
- The methodology applied proved to be viable and not gender many expenses, use the DBH (diameter at breast height) as the only independent variable simplifies the work of field and allows you to estimate the carbon captured without the need for studies in laboratory, which are expensive and difficult to access in our country.

Key words: Capirona species; carbon sequestration.

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	v
INDICE	vi
CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACION	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 OBJETIVOS	3
GENERAL	
ESPECIFICO	
1.3 FUNDAMENTACION TEORICA	4
1.3.1 Antecedentes de la Investigación	4
Antecedentes de estimación de captura de Carbono en el Perú y otros países.	4
Estudios sobre biomasa en arboles individuales.	8
1.3.2 Bases Teóricas	9
- Descripción General de la Especie.	9
Nomenclatura y Botánica	9
- Clasificación	9
- Generalidades	10
- Distribución y Hábitat	10
- Ciclo del Carbono	11
- Antecedentes de captura de Carbono	15
Protocolo de Kyoto	15

Comercio de emisiones	16
Captura de carbono ante el cambio climático	16
Bonos de Carbono	18
Secuestro de Carbono	19
Absorción de Carbono	20
Inventarios de Carbono	20
Fijación de CO ₂	21
- Métodos de medición de Carbono	23
- Inventario de Carbono	24
- Determinación de Biomasa	24
1.3.3 Definición de Términos	26
1.4 VARIABLES	33
1.4.1.Variable Dependiente	33
1.4.2.Variable Independiente	33
1.5 HIPOTESIS	34
CAPITULO II: MARCO METODOLOGICO	
2.1. TIPO DE INVESTIGACION	35
2.1.1 De acuerdo a la Orientación	35
2.1.2 De acuerdo a la Técnica de Contrastación	35
2.2. DISEÑO DE INVESTIGACION	35
2.3. POBLACION Y MUESTRA	36
2.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION	36
2.4.1 Selección del área de estudio	36
2.4.2 Descripción del área de estudio	37
2.4.3 Tamaño de la muestra	37
2.4.4 <i>Delimitación Del Área Experimental</i>	37
2.4.5 Recolección y pesaje de hojarascas.	39
2.5. TECNICAS DE PROCEDIMIENTO Y ANALISIS DE DATOS	39

2.5.1 Métodos	39
- Secado y pesaje de las muestras	39
- Cálculo del contenido de humedad de hojarasca.	39
- Medición de carbono	40
- Cálculo biométrico de las especies de estudio	40
- Para calcular el volumen	41
- Cálculo del servicio ambiental.	41
- Cálculos de la biomasa vegetal total/especie	42
- Biomasa Arbórea Viva (Kg. /árbol)	42
- Cálculo de la Biomasa de la Hojarasca (Tn/ha)	43
- Cálculo de la Biomasa Vegetal Total (Tn/ha)	43
- CÁLCULO DEL CARBONO TOTAL	43

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. RESULTADOS	45
3.1.1 Resultados de campo	45
- Inventario biométrico de Calycophyllum spruceanum.	45
- Biomasa Arbórea Viva de “Capirona” (BA)	45
- Biomasa de la hojarasca Capirona.	47
- Porcentaje humedad promedio de hojarasca de “Capirona”.	49
- Biomasa Vegetal Total (Tn/ha)	49
- Cantidad de carbono acumulado.	50
- Servicio ambiental de la especie forestal del área de estudio.	51
- Determinación de la densidad de especie	52
3.2. DISCUSIONES	53
3.3. CONCLUSIONES	55
3.4. RECOMENDACIONES	56
3.5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	57
ANEXOS	59

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01	Biomasa arbórea viva total por sub parcela y parcela de “Capirona”.	46
Cuadro N° 02	Biomasa promedio hojarasca de “Capirona”.	48
Cuadro N° 03	Porcentaje de humedad promedio por sub parcela de las muestras de hojarasca de “Capirona”.	49
Cuadro N° 04	Cantidad de biomasa vegetal total de la especie forestal.	49
Cuadro N° 05	Carbono en la biomasa vegetal.	50
Cuadro N° 06	Porcentaje de Biomasa Total “Capirona”.	51
Cuadro N° 07	Porcentaje de Carbono en la biomasa vegetal “Capirona”.	51
Cuadro N° 08	Índice de riqueza de la parcela de estudio.	52
Cuadro N° 09	Densidad determinada de especie.	52
Cuadro N° 09	Densidad determinada de especie.	52
Cuadro N° 10	Datos Biométricos Sector “H1”	62
Cuadro N° 11	Datos Biométricos Sector “H2”	63
Cuadro N° 12	Datos Biométricos Sector “H3”	64
Cuadro N° 13	Datos Biométricos Sector “H4”	65
Cuadro N° 14	Biomasa hojarasca (Tn).	66
Cuadro N° 15	Cálculo final de la biomasa de hojarasca.	67
Cuadro N° 16	Porcentajes de humedad de las muestras colectadas.	68
Cuadro N° 17	Biomasa Arbórea Viva Sector “H1”	69
Cuadro N° 18	Biomasa Arbórea Viva Sector “H2”	70
Cuadro N° 19	Biomasa Arbórea Viva Sector “H3”	71

Cuadro N° 20	Biomasa Arbórea Viva Sector “H4”	72
Cuadro N° 21	Resumen de Biomasa Arbórea Viva por Sectores	73

INDICE DE GRAFICOS

Grafico N° 01	Distribución de la biomasa arbórea total promedio en kilogramos/árbol por sub parcela y parcela de <i>Calycophyllum spruceanum</i> .	46
Grafico N° 02	Distribución de la biomasa arbórea total promedio en Toneladas/hectárea por sub parcela y parcela de <i>Calycophyllum spruceanum</i> .	47
Grafico N° 03	Distribución de la biomasa promedio de hojarasca de <i>Calycophyllum spruceanum</i> en Toneladas/hectárea por sub parcela y parcela.	48
Grafico N° 04	Distribución de la biomasa vegetal total de “Capirona”.	49
Grafico N° 05	Distribución del carbono de la biomasa vegetal expresada en toneladas/hectárea de “Capirona”.	50

CAPITULO I

I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La situación ambiental que enfrentan los países es cada vez más compleja debido al desequilibrio progresivo entre el crecimiento de la población y la capacidad de los recursos naturales para sustentar el aumento en la demanda de servicios ecosistémicos. El cambio climático en los últimos años es uno de los temas más importantes de la comunidad internacional en materia ambiental. La concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) ha ido en aumento progresivo, generando desde el siglo pasado evidencias científicas que argumentan que el incremento de los GEI continua, cuyos efectos son cada vez más favorables para el cambio del clima, y como consecuencia para un desequilibrio en el sistema terrestre. (IPCC 2005).
Laboro

El dióxido de carbono(CO₂) es uno de los elementos más importantes en los GEI, generado por la actividad humana cuando se utilizan combustibles fósiles para la generación de energía y para satisfacer otras demandas requeridas por la sociedad. Los procesos de deforestación y cambios de uso del suelo se suman a este efecto; las concentraciones de metano generadas por actividades agrícolas contribuyen también al cambio climático. El aumento de la concentración de GEI en la atmósfera ha provocado el fenómeno denominado efecto invernadero, generando cambios en las escalas climáticas de la tierra (IPCC 2005).

En la actualidad muchas son las acciones que se están realizando para lograr la mitigación y control de los GEI, en especial del CO₂, entre estos destacan el desarrollo y optimización de procesos para un uso más limpio y eficaz de los combustibles fósiles, tecnologías limpias para el uso de carbón, sustitución parcial de combustibles fósiles por combustibles biomásicos, desarrollo de procesos de tratamiento de gases, entre muchas más.

En tal sentido desde la perspectiva de la valoración ecológica y económica de la diversidad biológica y los servicios ambientales que esta brinda a la humanidad, en especial el servicio de captura de carbono a través de especies forestales, constituye una herramienta clave y estratégica para la

protección y uso sostenible de la misma, pues pretende mostrar que el beneficio que resulta de dicha actividad, puede ser mayor en términos de desarrollo sostenible, que la que se obtiene de actividades asociados a su mal manejo e irracionalidad.

En ese contexto el propietario del centro ecológico “La Julianita”, ha ejecutado la recuperación de los recursos naturales en zonas antes deforestadas para uso agrícola, con especies forestales como tornillo, capirona, shaina, shihuahuaco, pino chuncho y torreleanas, para generar beneficios ambientales y una mejor calidad de vida.

Por lo mencionado anteriormente se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuál es el potencial de captura de carbono de la especie forestal de Capirona en el centro ecológico La Julianita?

En el presente trabajo de investigación se muestra la realización de un inventario biométrico y la estimación de la biomasa de la especie forestal de “Capirona” (*Calycophyllum spruceanum*), mediante el método de ecuaciones alométricas para el cálculo del potencial de captura de carbono de la especie forestal indicada.

1.2 OBJETIVOS

General:

- Estimar el potencial de Captura de Carbono, de la especie Capiróna (*Calycophyllum spruceanum*) en el Centro ecológico la Julianita.

Específicos:

- Determinar el carbono capturado en la biomasa de árboles vivos.
- Determinar el carbono capturado en la biomasa de hojarasca.
- Determinar la influencia del potencial de captura de carbono en el Centro Ecológico la Julianita.

1.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Hasta la fecha no se han realizado investigaciones sobre captura de carbono en la especie forestal de “Capirona” (*Calycophyllum spruceanum*), en el departamento de San Martín, pero en nuestro país y otras naciones existen antecedentes relacionados a “Capirona”; sin embargo por la preocupación ante el cambio climático que ocasionan los gases de efecto invernadero, se están realizando un sin número de investigaciones relacionadas al particular en otras especies de flora, tanto en el ámbito local, nacional e internacional.

- **Antecedentes de estimación de captura de carbono en el Perú y otros países.**

A nivel mundial existe la preocupación por el calentamiento de la atmósfera como consecuencia del aumento de la concentración de los GEI de origen antropogénico. El principal de estos gases, es el CO₂, el cual se ha incrementado desde 280 ppm que había durante el periodo preindustrial, hasta cerca de 360 ppm que hay en la actualidad. Los bosques naturales, las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales, juegan un papel preponderante en el ciclo global del carbono, porque en ellos intervienen muchos de los procesos biogeoquímicos que regulan el intercambio de carbono que existe entre la atmósfera y la biomasa aérea.

CATPO (2000) realizó un estudio de investigación para cuantificar carbono acumulado en una plantación de *Pinus patula* existente en Cajamarca, llamada Cerro Campanario, ubicada a 40 km al NO de la ciudad. Donde establecieron 31 parcelas, que tuvieron árboles de 17 y 19 años de edad, de los cuales tomaron 31 individuos para ensayos destructivos para hallar la biomasa arbórea existente, determinando la biomasa

arbórea existente. Con los datos calculados; construyo la ecuación final de biomasa que tuvo como variable independiente al dap, como dependiente a la biomasa

DÍAZ *et al.* (2007) realizaron un estudio en el Ejido Mariano de Matamoros, Tlaxco, México, donde seleccionaron 25 árboles de *Pinus patula* Schl. et Cham., y se determinaron su biomasa y carbono en el estrato aéreo para ajustar el modelo $Y=b*X^k$, tomando como variable independiente (X) el diámetro (dap). En el campo se determinó el peso fresco, tanto de la muestra como del componente, las muestras se llevaron al laboratorio para ser secadas y obtener su peso seco, para después estimar la biomasa total de cada árbol, usando para ello la relación peso seco: peso fresco de las muestras. Para determinar el carbono de los diferentes componentes se tomaron muestras de cinco árboles y fueron analizadas en el laboratorio, obteniendo así 52,21% de carbono en el follaje, 49,47% en las ramas y 49,26% en el fuste, de esta forma la concentración promedio por árbol fue de 50,31%.

Pinedo (2011), en su investigación “Potencial de Captura de Carbono en el Cultivo de Piñón Blanco (*Jatropha Curcas L.*), en la Estación Experimental el Porvenir, INIA - Tarapoto” determina los siguientes resultados, en función al Potencial de Captura de Carbono:

- 0.387 Kg/C/Planta en plantas de 1 año, 2.556 Kg/C/Planta en plantas de 2 años, 3.987 Kg/C/Planta en plantas de 3 años y 5.719 Kg/C/Planta en plantas de 4 años; haciendo un total de 12.649 Kg/C/Planta en las 4 edades; y 1.418 Kg/CO₂/Planta en plantas de 1 año, 9.377 Kg/CO₂/Planta en plantas de 2 años, 14.612 Kg/CO₂/Planta en plantas de 3 años y 20.960

Kg/CO₂/Planta en plantas de 4 años haciendo un total de 46.367 Kg/CO₂/Planta en las 4 edades en época seca.

- 0.383 Kg/C/Planta en plantas de 1 año, 2.455 Kg/C/Planta en plantas de 2 años, 3.870 Kg/C/Planta en plantas de 3 años y 5.546 Kg/C/Planta en plantas de 4 años, haciendo un total de 12.254 Kg/C/Planta en las 4 edades; y 1.402 Kg/CO₂/Planta en plantas de 1 año, 9.001 Kg/CO₂/Planta en plantas de 2 años, 14.184 Kg/CO₂/Planta en plantas de 3 años y 20.336 Kg/CO₂/Planta en plantas de 4 años, haciendo un total de 44.923 Kg/CO₂/Planta en las 4 edades en época húmeda.
- El Potencial de Captura de Carbono en las plantaciones de piñón blanco (*Jatropha curcas L.*), en la Estación Experimental Agraria “El Porvenir” por año es de 24.903 Kg/C/Planta/año y 91.29 Kg/CO₂/planta/año respectivamente.

Quitorán (2009), en su trabajo de investigación denominada: “Determinación del Potencial de Captura de Carbono en Cinco especies Forestales de dos Años de Edad, Cedro Nativo, (*Cedrela odorata*) Caoba, (*Swietenia macrophylla*) Bolaina, (*Guazuma crinita*) Teca, (*Tectona grandis*) Y Capirona, (*Calycophyllum sprucearum*) en la Localidad de Alianza San Martin 2009. Mediante el uso de la metodología directa o destructiva, determinó la cantidad de carbono almacenado en especies forestales de 2 años y 8 meses los cuales reflejaron los siguientes resultados:

Bolaina (<i>Guazuma crinita</i> .)	2.42tnC/ha.
Teca (<i>Tectona grandis</i>)	2.14tnC/ha
Cedro Nativo (<i>Cedrela odorata</i>)	1.03tnC/ha

Capirona (*Calycophyllum sprucearum*) 0.91tnC/ha

Caoba (*Swietenia macrophylla*) 0.68tnC/ha.

- Además en cuanto a la variable de biomasa arbórea viva Tn/ha, y en base al uso de tratamientos para la obtención de los resultados, se puede observar que los tratamientos T1: Bolaina (*Guazuma crinita*) y el tratamiento T3: Teca (*Tectona grandis*), son estadísticamente similares, siendo el T1 con 4.755 tnC/ha. mayor que el T3 con 4.225 tnC/ha. En cuanto a los tratamientos T4: Cedro Nativo (*Cedrela odorata*) 1.555 tnC/ha ,T2: Capirona (*Calycophyllum sprucearum*) 1.475 tn/ha y el T5: Caoba. (*Swietenia macrophylla*) Con 1.075 tnC/ha, son estadísticamente similares, siendo el tratamiento T5 menor, que todos los demás tratamientos.

Gutierrez y Aguirre (2009) Potencial de Captura De Carbono De La *Guaduaspp*. Por Estadíos En El Bosque Local "El Maronal De Atumplaya", determino el siguiente resultado:

- El Stock de Carbono de la plantación de *Guadua spp*. dentro del Bosque Local “El Maronal de Atumplaya” durante los años del 2008 y 2009 fue de 183,301 Ton de C y 227,763 Ton de C respectivamente, lo que demuestra que el **Potencial de Captura de Carbono en este bosque es de 44,462 Ton de C/año, lo que equivale a 7,046 Ton de C/Ha/año.**
- El Bosque de 6,31 Has de maronas captura de la atmósfera **163,027 Ton de CO₂ por año**, y posee un stock de **835,13 Ton de CO₂** capturado sólo en la parte aérea (tallo, ramas y hojas), en el presente año.
- El Potencial de captura de carbono en las 7,9 Has del Bosque Local “El Maronal de Atumplaya” es de

55,663TonC/año, esto nos indica que en la actualidad el bosque puede capturar 11,201 TonC/año adicionales a los montos actuales, siempre y cuando se realice un mejor manejo del área.

- **Estudios sobre biomasa en árboles individuales.**

En términos porcentuales el fuste del árbol concentra la mayor cantidad de biomasa aérea, representando entre 55 y 77 % del total; luego están las ramas, de 5 y 37 %; y por ultimo las hojas y la corteza de fuste entre 1 a 15 % y 5 a 16 %, respectivamente (Gómez, 1976; Madgwiick, 1977, citado por Gayoso et al. 2002). La contribución porcentual de los diferentes componentes (tallo, rama, hojas y raíces) en la biomasa total de un árbol varía considerablemente dependiendo de la especie, edad, sitio y tratamiento silvicultural (Pardé 1980, citado por Gayoso et al, 2002).

Respecto a la biomasa de las raíces, esta varía mucho dependiendo de las características del clima, suelo y especie. La biomasa de las raíces se expresa comúnmente en relación a la biomasa aérea, como la razón raíz/tallo (R/T). Las estimaciones, no son consistentes respecto a la profundidad de muestreo, como tampoco si se incluyen raíces gruesas (Sanford y Cuevas 1996, citado por (GAYOSO ET AL, 2002).

Determinar la biomasa bajo el suelo o biomasa radicular, es un proceso muy costoso (alrededor de 120 dólares por cada sistema radicular), algunos investigadores realizaron estimaciones de biomasa radicular, encontrando el 15 % de biomasa radicular con respecto a la biomasa aérea, lo cual es una estimación conservadora. Por ejemplo Cairns et al. (1997) encontró valores de razón R/T (raíz/tallo), para distintos lugares del mundo entre 20 y 30 % de biomasa radicular con respecto a la biomasa aérea. (MacDicken 1997).

1.3.2 Bases Teóricas

❖ Descripción General de la especie “Capirona”.

(Russell et al., 1999). Se encuentra tanto en bosque primario como el bosque clímax. Es una especie heliofita, frecuente también en bosques secundarios, pioneros o tardíos, en suelos limosos a arcillosos, aluviales y fértiles. Colectas de semilla se han llevado acabo en forma intensiva por parte del Centro Mundial para la Agroforestería - ICRAF principalmente en la zona aluvial, en los departamentos de Loreto y Ucayali, siendo las más adecuadas para las plantaciones aquellas de las procedencias locales (Ugarte,2004). Se trata de un árbol característico en bosques ribereños temporalmente inundables por aguas claras (Sears et al., 2002). Se encuentra en áreas temporalmente inundables y en zonas ribereñas, tolera la pedregosidad elevada (Reynel et al., 2003).

Calycophyllum spruceanum se considera una especie pionera en la sucesión de la planicie aluvial de Perú, Brasil, Ecuador y Colombia, (Linares et al., 1992). La especie se encuentra en toda la Amazonía peruana, hasta los 1 000 m.s.n.m.; la dispersión de la semilla puede ser por diversos vectores, no estando relacionada por los cursos de agua.

Nomenclatura y Botánica

Nombre Común : “Capirona”

Nombre Científico : *Calycophyllum spruceanum*

❖ Clasificación

Reino : Vegetal

División : Fanerógama.

Sub división	:	Angiosperma
Clase	:	Dicotiledónea
Familia	:	Rubiaceae
Género	:	Calycophyllum
Especie	:	Calycophyllum spruceanum
Nombre común	:	Capirona, capirona de bajo, capirona negra (Arostegui, 1987)

❖ **DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT**

Calycophyllum spruceanum se considera una especie pionera en la sucesión de la planicie aluvial de Perú, Brasil, Ecuador y Colombia, (Linares et al., 1992). La especie se encuentra en toda la Amazonía peruana, hasta los 1 000 m.s.n.m.; la dispersión de la semilla puede ser por diversos vectores, no estando relacionada por los cursos de agua.

(Russell et al., 1999). Se encuentra tanto en bosque primario como el bosque clímax. Es una especie heliófila, frecuente también en bosques secundarios, pioneros o tardíos, en suelos limosos a arcillosos, aluviales y fértiles. Colectas de semilla se han llevado a cabo en forma intensiva por parte del Centro Mundial para la Agroforestería - ICRAF principalmente en la zona aluvial, en los departamentos de Loreto y Ucayali, siendo las más adecuadas para las plantaciones aquellas de las procedencias locales (Ugarte, 2004). Se trata de un árbol característico en bosques ribereños temporalmente inundables por aguas claras (Sears et al., 2002). Se encuentra en áreas temporalmente inundables y en zonas ribereñas, tolera la pedregosidad elevada (Reynel et al., 2003).

❖ **Descripción Dendrológica**

Presenta un fuste recto, cilíndrico, con una altura total aproximada de 40 m.; una altura comercial de 25 m. y un diámetro que puede llegar hasta los 0.90 m. Presenta una corteza externa con ritidoma delgado que se desprende en láminas anchas y coriáceas, dejando al descubierto una corteza lisa de color

verde botella. La corteza interna es cremosa, de textura suave (Arostegui, 1975).

❖ **Descripción de la Madera**

La madera seca al aire presenta un color blanco cremoso, siendo un duramen ligeramente más oscuro con una tonalidad rojiza con un cambio gradual entre ellas, anillos de crecimientos que se distinguen a simple vista. Se presenta en bandas claras regulares, grano cespado a recto, textura compacta (Arostegui, 1975)

❖ **Ciclo del carbono**

El ciclo del carbono es el sistema de las transformaciones químicas de compuestos que contienen carbono en los intercambios entre biosfera, atmósfera, hidrósfera y litosfera. Es un ciclo biogeoquímico de gran importancia para la regulación del clima en nuestro planeta, y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida. Dentro de este proceso podemos diferenciar dos ciclos:

- **El Ciclo biológico:** Que comprende los intercambios de carbono (CO_2) entre los organismos vivos y la atmósfera, es decir, la fotosíntesis, que es un proceso mediante el cual, el carbono queda retenido en las plantas y la respiración que lo devuelve a la atmósfera. Este ciclo es relativamente rápido, estimándose que la renovación del carbono atmosférico se produce cada 20 años. Por lo tanto este ciclo desempeña un papel importante en los flujos de carbono entre los diversos depósitos, a través de los procesos de fotosíntesis y respiración.

Mediante la fotosíntesis las plantas absorben la energía solar y el CO_2 de la atmósfera, produciendo oxígeno e hidratos de carbono (azúcares como la glucosa), que sirven de base para el crecimiento de las

plantas. Los animales y las plantas utilizan los hidratos de carbono en el proceso de respiración, usando la energía contenida en los hidratos de carbono y emitiendo CO_2 . Junto con la descomposición orgánica (forma de respiración de hongos y bacterias), la respiración devuelve el carbono, biológicamente fijado en los reservorios terrestres (los tejidos de biota, el permafrost del suelo y la turba), a la atmósfera.

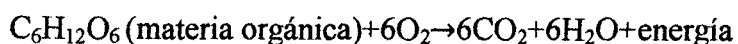
- **Ciclo biogeoquímico:** Proceso que regula la transferencia de carbono entre la hidrósfera, la atmósfera y la litosfera. El CO_2 atmosférico se disuelve con facilidad en el agua, formando ácido carbónico que ataca los silicatos que constituyen las rocas, resultando iones de bicarbonato. Estos iones disueltos en agua alcanzan el mar, son asimilados por los animales para formar sus tejidos, y tras su muerte se depositan en los sedimentos. El retorno a la atmósfera se produce en las erupciones volcánicas tras la fusión de las rocas que lo contienen. Este último ciclo es de larga duración, al verse implicados los mecanismos geológicos. Además, hay ocasiones en las que la materia orgánica queda sepultada sin contacto con el oxígeno que la descomponga, produciéndose así la fermentación que lo transforma en carbón, petróleo y gas natural.

Las ecuaciones químicas que involucran estos procesos son los siguientes:

La fotosíntesis



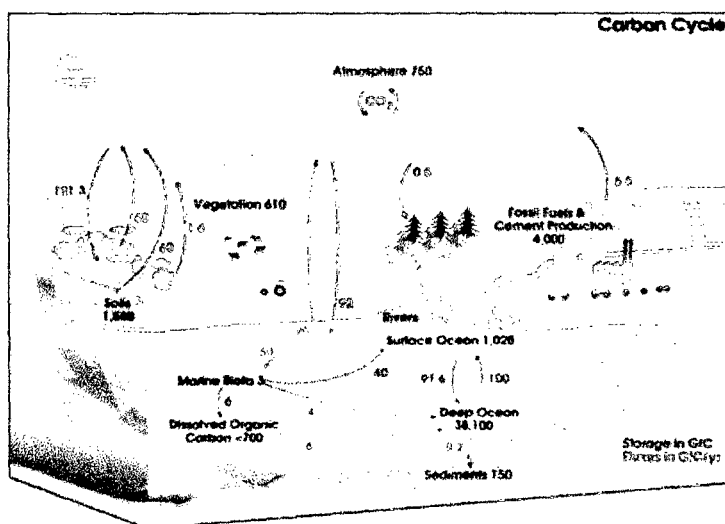
La respiración



Es posible determinar que el mayor cambio entre el depósito terrestre y el atmosférico es producto de los procesos de la fotosíntesis y la respiración.

Los días en las estaciones de primavera y verano, las plantas absorben luz solar y CO_2 de la atmósfera y paralelamente los animales, plantas y microbios, mediante su respiración, devuelven el CO_2 . Por lo que cuando la temperatura o la humedad son mucho más bajas, ejemplo en invierno o en los desiertos, la fotosíntesis y la respiración se reduce, así como el flujo de carbono entre la superficie terrestre y la atmósfera.

El almacenamiento del carbono en los depósitos fósiles supone en la práctica una rebaja de los niveles atmosféricos de dióxido de carbono. Si éstos depósitos se liberan, como se viene haciendo desde tiempo inmemorial con el carbón, o más recientemente con el petróleo y el gas natural; el ciclo se desplaza hacia un nuevo equilibrio en el que la cantidad de CO_2 atmosférico es mayor; más aún si las posibilidades de reciclado del mismo se reducen al disminuir la masa boscosa y vegetal.



Fuente: www.es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_del_carbono, 2006).

En la figura N° 01, se representan los intercambios anuales de carbono entre el mar, el aire y la biomasa continental (vegetación y suelos) en peta gramos de carbono (PgC).

El Carbono en Ecosistemas Forestales

Una vez que el CO₂ atmosférico es incorporado en los procesos metabólicos de las especies forestales mediante la fotosíntesis, éste participa en la composición de materias primas de la planta muy importantes como la glucosa, que forma parte de todas las estructuras necesarias que ayudan a desarrollarse a las plantas. Éstas a su vez al crecer van incrementando sus follajes, ramas, flores y frutos; así como las alturas y el grosor de sus troncos. Por lo que la copa necesita espacio para recibir energía solar sobre las hojas dando lugar a una competencia entre las copas de las plantas por energía solar, originando a su vez un dosel cerrado. Los componentes de la copa aportan material orgánico al suelo, la misma que, a su vez, aporta nuevamente CO₂ al entorno.

Simultáneamente los troncos, al ir incrementando su diámetro y altura, alcanzando un tamaño ideal que serán aprovechados con fines comerciales. Estos productos finales tienen un tiempo de vida determinado después del cual se degradan aportando carbono al suelo y CO₂ a la atmósfera como producto de su descomposición.

Finalmente, durante el tiempo en que el carbono se encuentra formando alguna estructura del árbol y hasta que es enviado (ya sea al suelo o a la atmósfera), se considera que se encuentra almacenado.

En el momento de liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o la quema de biomasa) el carbono fluye para regresar a su ciclo (Ordóñez, 1999).

❖ ANTECEDENTES DE LA CAPTURA DE CARBONO

Los bosques naturales, las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales, juegan un papel preponderantes en el ciclo global del carbono, porque en ellos intervienen muchos de los procesos biogeoquímicos que regulan el intercambio de carbono que existe entre la atmosfera y la biomasa aérea (Acosta *et al.* Citados por UACH 2001).

▪ Protocolo de Kyoto

Es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases que ocasionan el calentamiento global, estos gases son: dióxido de carbono (CO_2), gas metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), además de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

Fue en 1997, que se aprueba el Protocolo de Kyoto, que plantea objetivos y medidas concretas para la mitigación de Cambio Climático. Lo cual como protocolo desarrolla el convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático fijando objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) originadas en la actividad humana en 39 países industrializados (**Anexo I del Protocolo**).

Este instrumento se encuentra dentro del marco de la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), suscrita en 1992 dentro de lo que se conoció como la Cumbre de la Tierra de Rio de Janeiro.

Gayoso, et al. (2001), hacen referencia que en el artículo N° 12 del Protocolo de Kyoto se establece el mecanismo para un desarrollo limpio, mediante el cual los países industrializados pueden financiar proyectos de reducción de emisiones en

países en desarrollo y recibir créditos por ello. Si bien el Protocolo de Kyoto entró en vigencia en el año 2005, el mercado del MDL ya estaba operando desde el 2002. Por esta razón, todas aquellas negociaciones de reducción de emisiones realizadas con anterioridad a la vigencia del Protocolo de Kyoto son válidas según un acuerdo entre los países firmantes dado en el año 2001(**GAYOSO et al., 2001**).

- **Comercio de emisiones**

Es el mecanismo principal para el funcionamiento del protocolo (artículo 17 del Protocolo de Kyoto), ya que convierte los derechos de emisión (cada unidad o derecho de emisión correspondientes a una tonelada equivalente de CO₂) en un valor transferible comercialmente a precio de mercado. Es así que los participantes en el protocolo de Kyoto pueden comprar más derechos de emisión, si lo consideran necesario, así poder llevar a cabo aquellas actividades que producen emisiones, o bien si desean retirarlos del mercado para evitar las emisiones equivalentes, venderlos en el caso de poseer más derechos de lo que su actividad emisora finalmente requiere (**BROWN, 1996**).

- **Captura de carbono ante el cambio climático**

El cambio climático global asociado al aumento potencial de la temperatura superficial de nuestro planeta, es uno de los problemas ambientales más duros que en el presente siglo se afronta. Todo ello se acentúa por el rápido incremento actual de las emisiones de gases del efecto invernadero (GEI) (**Bolin et al., 1986**) y por las dificultades de reducir en forma sustantiva el incremento de GEI en el futuro próximo (**IPCC, 1995**).

En nuestro país, los principales emisores de GEI son el sector de energía, por el uso de combustibles fósiles, con 83,8 MtC (Gay y Martínez, 1995), el cambio en el uso del suelo y forestación con 30,2 MtC (Masera *et al.*, 1995).

Para proponer estrategias viables dirigidas a la mitigación del cambio climático es imprescindible, por un lado, conocer la dinámica del C en los ecosistemas forestales y, por otra, las modificaciones a los flujos de carbono derivadas de los patrones de cambio de uso de suelo. Un primer paso indispensable para lograr este objetivo, es contar con la información básica sobre los contenidos de carbono en los diferentes almacenes del ecosistema (Ordoñez, 1998).

- **Captura de carbono ante el cambio climático**

Los bosques juegan un papel primordial no sólo para la vida en nuestro Planeta, sino también para la supervivencia humana. La flora terrestre del mundo absorbe el 40% de las emisiones globales de CO₂ y son fuente fundamental para el agua.

El cambio climático y los bosques están íntimamente ligados. Por una parte, los cambios que se producen en el clima mundial están afectando a los bosques debido a que las temperaturas medias anuales son más elevadas, a la modificación de los modelos pluviales y a la presencia cada vez más frecuente de fenómenos climáticos extremos.

En los árboles el carbono supone en general alrededor del 20% de su peso. Además de los árboles mismos, el conjunto de la biomasa forestal también funciona como “sumidero de carbono”. Un ejemplo claro es la materia orgánica del suelo de los bosques (humus producido por la descomposición de la materia vegetal muerta) también actúa como depósito de carbono.

- **Proyectos forestales**

A partir del Protocolo de Kyoto de 1997, se han propuesto variadas opciones para mitigar el cambio climático; entre ellos se plantea la alternativa de que los proyectos forestales aumenten los “sumideros” o fuentes de captura de carbono, a través de la creación y mantenimiento de bosques, o bien mediante gestiones para el cambio de fuentes energéticas contaminantes.

Por tal motivo existen tres razones fundamentales para considerar los proyectos forestales en la mitigación del cambio climático:

- a) Por el proceso de fotosíntesis donde las plantas capturan CO₂ de la atmósfera y lo fijan en sus células como carbono, siendo éste alrededor del 50% de su biomasa seca.
- b) Además por una ventaja económica frente a los procesos de mejoras tecnológicas y otros mecanismos mucho más costosos, con valores cinco veces superiores a lo que significa un proceso hecho a través de los bosques.
- c) Por la contribución potencial a la conservación y uso sostenible de los bosques.

Cabe mencionar que el desarrollo de métodos para cuantificar los stocks y flujos de carbono asociados a proyectos forestales, han llevado a que la captura de carbono por ecosistemas forestales, se considere como un servicio ambiental con valor económico, en vez de un beneficio intangible.

- **Bonos de carbono**

Son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente; es

uno de los tres mecanismos propuestos en el protocolo de Kyoto para la reducción de emisiones causantes del calentamiento global o efecto invernadero (GEI).

El sistema ofrece incentivos económicos para que empresas privadas contribuyan a la mejora de la calidad ambiental y se consiga regular la emisión generada por sus procesos productivos, considerando el derecho a emitir CO₂ como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado.

La transacción de los bonos de carbono (un bono de carbono representa el derecho a emitir una tonelada de dióxido de carbono) permite mitigar la generación de gases invernadero, beneficiando a las empresas que no emiten o disminuyen la emisión y haciendo pagar a las que emiten más de lo permitido (IPCC, 2000).

- **Secuestro de carbono**

Es un servicio ambiental basado en la capacidad de los árboles para absorber y almacenar el carbono atmosférico en forma de biomasa. Los niveles de absorción pueden ser mejoradas con el manejo adecuado de los ecosistemas forestales, evitando su conversión en fuentes emisoras de gases de efecto invernadero (GEI).

El secuestro de carbono tanto en plantaciones como en bosque natural juega un gran papel para contrarrestar el problema del calentamiento global de la tierra; a medida que los bosques aumentan el almacenamiento de carbono, éste es cada vez menor en la atmósfera, por lo tanto los cambios climáticos disminuyen. (DIXON, 1993).

Iniciativas como el Fondo Bio Carbono de Banco Mundial promueven el desarrollo de proyectos forestales que puedan aplicar al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) a través

del comercio de Certificados de Emisiones Reducidas (LLERENA, 1991).

- **Absorción del carbono**

El potencial de absorción de carbono mediante actividades de forestación/reforestación depende de la especie, el lugar y el sistema de ordenación es muy variable. Los índices normales de absorción, expresados en toneladas de carbono (tC) por hectárea y año, en el trópico es de 3,2 a 10 tC. Los estudios realizados los trópicos indican que sería posible absorber un volumen adicional de carbono, que se cifra en 11,5 a 28,7 Gt de carbono mediante la regeneración de unos 217 millones de hectareas de tierras degradadas.

Tal vez únicamente un tercio de la tierra ecológicamente adecuada podrá destinarse a actividades de forestación/reforestación. En esta hipótesis, las actividades agroforestales y de forestación/reforestación absorberían alrededor de 0,25 Gt por año, cifra a la que se añadirían 0,13 Gt anuales gracias a la restauración de tierras degradadas (BROWN, 1996).

Las actividades silvícolas que aumentan la productividad de los ecosistemas forestales, como los aclareos realizados en el momento adecuado, pueden incrementar en cierta medida el almacenamiento de carbono en los bosques.

Sin embargo, los efectos de los distintos sistemas silvícolas en la absorción total de carbono son mucho menores que las actividades de forestación y reforestación (DIXON, 1993).

- **Inventarios de carbono**

En la estimación de carbono acumulado en los distintos ecosistemas forestales, se utilizan los inventarios de carbono, que contabilizan el carbono fijado al momento de las mediciones. Para que los inventarios puedan ser comparados

entre si y reflejen la cantidad real de carbono acumulado por el ecosistema, es importante que estas sean confiables. Es decir se basen en su estimación en principios y procedimientos aceptados de inventario, muestreos y ciencias del suelo, para reflejar la cantidad real de carbono (SCHLEGEL *et al.*, 2001).

- **Fijación de CO₂**

El principal almacén de carbono lo constituye la atmósfera, que está asociado al oxígeno formando el CO₂ (como producto de la respiración y/o de algún proceso de combustión), el cual es incorporado a través de los estomas al interior de las hojas de las plantas, por medio de un proceso fotoquímico conocido como fotosíntesis.

Mediante la fotosíntesis, los árboles toman CO₂ del aire, lo combinan con hidrógeno que obtienen del agua del suelo utilizando la energía almacenada en los cloroplastos y, a partir de estos, se sintetizan los carbohidratos básicos que, al combinarse con otros elementos minerales del suelo, pueden ser utilizados para aumentar el tamaño de los órganos vegetales y de esta forma satisfacer las necesidades reproductivas, por lo que la función biológica de las plantas es tomar los factores de crecimiento disponibles sobre una área determinada y transformarlos en compuestos orgánicos de diversas composiciones (Harold, 1984, citado por Montoya et al. (1995).

Montoya et al. (1995) y Ordóñez (1999) describen que con el manejo forestal es posible compensar las crecientes emisiones de CO₂ en dos formas:

1. Creando nuevos reservorios de dióxido de carbono. Restaurando las áreas degradadas por medio de plantaciones y/o regeneración natural, y por la

extracción de madera. En ambos casos se pretende almacenar el carbono a través del crecimiento de árboles, y al extraer la madera convertirla en productos durables.

2. Protección de bosques y suelos. Con la destrucción del bosque se pueden liberar a la atmósfera de 50 a 400 toneladas de carbono por hectárea. Mencionan que “Mientras la protección de un área forestal puede inducir a la presión de otra, el manejo integrado de recursos enriquecido con esquemas de evaluación de proyectos son requeridos para validar dicha protección”
3. La importancia de los sumideros de carbono y los biocombustibles en el cambio climático global.

Aunque el tema de los sumideros ha sido fuente de divergencias en las COP-6 y COP-7, la Sexta y Séptima Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático, en la última se acordó la inclusión de los sumideros, con ciertas limitaciones, dentro de los llamados Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), por los cuáles los países desarrollados podrían compensar emisiones de GEI con fijación de carbono en países no desarrollados mediante plantaciones forestales (UNFCCC 2002). Esta inclusión de los sumideros dentro de los MDL ha recibido objeciones de distinto tipo, entre ellas cuestionamientos basados en externalidades, dificultades de cuantificación, suplementariedad y permanencia, aún antes de su inclusión (SCHOTT, M. 2004).

De todos ellos, sin duda el aspecto más crítico ha sido el de permanencia. Esto es porque el problema de la permanencia no surge principalmente de debilidades técnicas o institucionales, eventualmente subsanables, sino que es parte

de la naturaleza misma de algunos sumideros y particularmente de los bosques. Otra preocupación crítica es que los créditos de carbono provenientes de los sumideros permitirán a los países industrializados continuar utilizando enormes cantidades de combustibles fósiles (Greenpeace 2000).

Finalmente, si se consideran los lineamientos definidos por el del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) para la realización de estudios de mitigación del cambio climático se plantean dos escenarios de evolución futura del sistema analizado. El primero, llamado escenario de base, está asociado con la evolución previsible del sistema, según su dinámica actual y en ausencia de acción espera reducir las emisiones o incrementar la capacidad de absorción de GEI. El segundo escenario, llamado de mitigación, por el contrario, supone elegir un conjunto de opciones de mitigación del cambio climático (GEF 1996).

En este marco, tanto la captura de dióxido de carbono por medio de actividades de reforestación con especies nativas como el uso de biocombustibles son opciones de mitigación del cambio climático, en el primer caso porque es una acción para incrementar la capacidad de absorción de CO₂ atmosférico y en el segundo porque es una para reducir las emisiones de dicho GEI.

❖ **MÉTODOS DE MEDICIÓN DE CARBONO**

Para evaluar la biomasa aérea se puede emplear dos métodos: El primero “método directo o destructivo” y el segundo “método indirecto”. En ambos casos, los valores obtenidos se extrapolan a una hectárea (SCHLEGEL, *et al.* 2001)

a) Método directo o destructivo, es aquel en el que se incluye mediciones de campo, cosecha y toma de muestras de la totalidad de la vegetación, teniendo en cuenta algunos criterios de evaluación. Aunque este

método es más costoso y requiere de mayor tiempo, arroja resultados de alta confiabilidad.

b) Método Indirecto, es aquel método en que generalmente se aplican cuando los árboles son de grandes dimensiones; y entre las fórmulas indirectas para estimar biomasa, se encuentra el uso de modelos de biomasa específicos para cada especie, donde los valores de inventarios forestales como diámetro y altura, se transforman a términos de biomasa con la ayuda de modelos generales.

❖ INVENTARIOS DE CARBONO

Es un método usado para medir, registrar y procesar los datos del bosque, obtenidos en el campo que nos permitirá obtener información de la cantidad, calidad de los árboles y características del área boscosa, de acuerdo a las necesidades requeridas (Basantes, 2003).

Cabe precisar que en un inventario de carbono calculamos cuanto carbono está fijado en cada uno de estos “almacenes”. Que podríamos comparar a esto como una fotografía que nos permite “ver” el tamaño de estos almacenes al momento de tomarla.

❖ DETERMINACIÓN DE LA BIOMASA

La biomasa de las comunidades vegetales es la cantidad de material vegetal o la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en un período determinado, expresado en peso de materia seca (toneladas) por unidad de área (Brown 1996). La biomasa de la vegetación leñosa es un depósito importante de los gases de efecto invernadero (GEI) y contribuye al almacenamiento de carbono en el suelo a

través de la acumulación de la materia orgánica. (FAO 1995, citado por Baldoceda 2001).

La biomasa se puede cuantificar de forma directa e indirecta. La forma directa consiste en el apeo y pesado del árbol y determinar su peso seco y la forma indirecta implica recolectar datos de campo en inventarios para su posterior utilización en ecuaciones y modelos matemáticos calculados por medio de análisis de regresión. (Brown 1996).

- **Biomasa vegetal.**

La biomasa de las comunidades vegetales es la cantidad de material vegetal o la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en un período determinado, expresado en peso de materia seca (toneladas) por unidad de área (Brown 1997). La biomasa de la vegetación leñosa es un depósito importante de los gases de efecto invernadero (GEI) y contribuye al almacenamiento de carbono en el suelo a través de la acumulación de la materia orgánica (FAO 1995, citado por Baldoceda 2001).

La biomasa se puede cuantificar de forma directa e indirecta. La forma indirecta implica recolectar datos de campo en inventarios para su posterior utilización en ecuaciones y modelos matemáticos calculados por medio de análisis de regresión. La forma directa consiste en el apeo y pesado del árbol y determinar su peso seco (Brown 1997).

1.3.3 Definición de Términos

En el presente trabajo de investigación se nombraran continuamente los siguientes términos:

- **Agricultura Ecológica**

Agricultura que se practica procurando respetar el medio ambiente mediante el empleo de métodos de abonado natural, evitando el uso de pesticidas y abonos de síntesis y que tiende al uso racional de los recursos naturales (agua, suelo y patrimonio genético).

- **Altura**

Distancia vertical de un cuerpo respecto a la tierra o a cualquier otra superficie tomada como referencia.

- **Biomasa**

Refiere al conjunto de toda la materia orgánica cuantitativo de la masa total de origen vegetal o animal, que incluye los materiales que proceden de la transformación natural o artificial.

La biomasa se puede cuantificar de forma directa e indirecta. La forma indirecta implica recolectar datos a campo y en inventarios para su posterior utilización en ecuaciones y modelos matemáticos calculados por medio de análisis de regresión. La forma directa, consiste en el apeo y pesado del árbol y determinar el peso seco Brown (1997), citado por SCHLEGEL et al. (2001).

- **Cambio Climático**

Es la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos en los parámetros climáticos como son: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc. Todo ello debido tanto a causas naturales como antropogénicas.

El término suele usarse de forma poco apropiada, para hacer referencia tan sólo a los cambios climáticos que suceden en el presente, utilizándolo como sinónimo de calentamiento global.

En tal sentido la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático usa el término cambio climático sólo para referirse al cambio por causas humanas.

- **Captura de Carbono**

Es la extracción y almacenamiento de carbono de la atmósfera en sumideros de carbono esto pueden ser: los bosques, los océanos o la tierra, a través de un proceso físico o biológico como la fotosíntesis.

- **Carbono**

Elemento químico cuyo símbolo es la letra "C", con número atómico 6 y peso atómico 12,0111. Se encuentra libre en la naturaleza, cristalizado (diamante, grafito) o amorfo (carbónes minerales). La capacidad de los átomos de carbono de unirse entre sí forman compuestos de elevado peso molecular, fundamentales en los procesos vitales, que es la base para la existencia de la vida.

- **Ciclo**

Proceso natural en el que los elementos circulan continuamente bajo distintas formas entre distintos compartimentos del ambiente (por ejemplo el agua, el aire, el suelo, los organismos).

Algunos ejemplos de ciclos son: del carbono, del nitrógeno, del oxígeno, del agua, etc.

- **Ciclo del Carbono**

El ciclo del carbono es el sistema de las transformaciones químicas de compuestos que contienen carbono en los intercambios entre biosfera, atmósfera, hidrosfera y litosfera. Es un ciclo biogeoquímico de gran importancia para la regulación del clima de la Tierra, y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida.

- **Contenido de Humedad**

Es la cantidad de agua que posee una pieza de madera en el momento de ser extraído.

- **Diámetro**

Es la longitud que existe entre dos puntos de una circunferencia que pasa por el centro del mismo el cual divide a esta en dos partes constantes llamadas radio.

- **Dióxido de carbono (CO₂)**

Es un gas incoloro, denso y poco reactivo, conformado por un átomo de carbono y dos de oxígeno. Que forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más

próxima a la Tierra) actualmente en una proporción de 350 ppm (partes por millón), cuyo ciclo en la naturaleza está vinculado al del oxígeno.

- **Ecosistemas**

Es un sistema natural de comunidades de plantas, animales y microorganismos (biocenosis) y su ambiente no vivo (biotopo), que interactúan como una unidad funcional.

- **Ecuación Alométrica**

La ecuación alométrica es una fórmula aproximada, simplificada. Su principio es una expresión de interdependencia, organización y armonización de procesos fisiológicos.

- **Emisión**

Es todo aquel fluido gaseoso, puro o con sustancias en suspensión; así como toda forma de energía radioactiva, electromagnética o sonora, que provengan como residuos o productos de la actividad humana.

- **Fotosíntesis**

Es un proceso mediante el cual las plantas verdes sintetizan sustancias complejas, ricas en energía, a partir del dióxido de carbono, agua y pequeñas cantidades de determinados minerales, aprovechando la energía de la luz solar, absorbida por la clorofila. Gracias a la fotosíntesis se sintetizan anualmente unas 3×10^{11} toneladas de glucosa sobre la tierra a partir de unas 4×10^{11} toneladas de dióxido de carbono.

- **Gases de Efecto Invernadero**

Son gases de efecto invernadero (GEI) aquellos compuestos químicos cuya presencia en la atmósfera contribuye al efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse cambiada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, producto de la industria.

Entre los cuales tenemos al vapor de agua (H₂O), al dióxido de carbono (CO₂), al metano (CH₄), a los óxidos de nitrógeno (NO_x), al ozono (O₃), y los clorofluorocarbonos (artificiales).

- **Gigatonelada (Gt)**

Es una unidad de medida que representa a mil millones toneladas; una Gigatonelada de Carbono equivale a 1 petagramo de Carbono (1PgC), que a su vez es equivalente a 3.67 Gt de CO₂.

- **Inventario forestal**

El inventario forestal es determinado como la tabulación confiable y satisfactoria de información de los árboles, relativa a una determinada área de bosque de acuerdo a un fin previsto. Es decir es el conjunto de procedimientos destinado a proveer información cualitativa y cuantitativa de un bosque, incluyendo algunas características del terreno en donde el mismo crece, y así determinar el estado actual de un bosque.

- **Modelo Alométrico de Biomasa**

Es una herramienta matemática que permite conocer de forma simple, la cantidad de biomasa de un árbol por medio de la medición de otras variables. Las ecuaciones son generadas a partir de los análisis de regresión, donde se estudian las relaciones entre la biomasa (peso seco) de los árboles y sus datos dimensionales (ej. altura, diámetro, densidad). Dependiendo del número de variables independientes la ecuación puede ser una regresión lineal simple, regresión lineal múltiple (más de dos variables, ej. DAP, altura total, etc.). Dependiendo de las circunstancias las ecuaciones pueden ser lineales o no lineales. Modelo que fue empleado para la realización del presente estudio de investigación.

- **Necromasa**

Se refiere a hojarasca, ramas, corteza y leños que se encuentran en proceso de descomposición.

- **Secuestro de Carbono**

Servicio ambiental basado en la capacidad de los árboles para absorber y almacenar el carbono atmosférico en forma de biomasa. Cuyos niveles de absorción pueden ser mejorados de acuerdo al manejo adecuado de los ecosistemas forestales.

- **Servicio Ambiental**

La expresión servicio natural o servicio ambiental designa a cada una de las utilidades que la naturaleza proporciona a la humanidad en su conjunto, o a una población local, desde un punto de vista económico.

- **Stock de Carbono**

Es la cantidad de carbono contenida en una fuente, es decir un embalse o un sistema que tiene la capacidad de acumular o liberar el carbono.

- **Sumidero de Carbono**

Es un depósito natural o artificial de carbono, que absorbe el carbono de la atmósfera y contribuye a reducir la cantidad de CO₂ del aire. Los principales sumideros eran los procesos biológicos de producción de carbón, petróleo, gas natural, los hidratos de metano y las rocas calizas. Hoy día son los océanos, y ciertos medios vegetales(bosques en formación).

- **Variable**

Objeto, proceso o característica que está presente, o supuestamente presente, en el fenómeno que un científico quiere estudiar. Los objetos, procesos o características reciben el nombre de variables en la medida en que su modificación provoca una modificación en otro objeto, proceso o característica.

1.4 VARIABLES

Se utilizó dos variables de importancia para la investigación como:

1.4.1 Variables independientes.

Elegimos al DAP (diámetro a la altura del pecho) como variable independiente debido a su fácil medición en los censos y trabajos de campo.

1.4.2 Variables dependientes.

La BAT (biomasa aérea total) es la variable que se pretende obtener al aplicar las ecuaciones de biomasa que a su vez darán los resultados para la estimación del potencial de carbono.

Así afirmamos que para la presente investigación la relación entre ambas variables es: La Biomasa Aérea Total (BAT) depende del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP).

1.5 HIPOTESIS.

- ❖ Si estimamos el potencial de captura de carbono de la especie de Capirona entonces, su influencia es significativa en el Centro Ecológico la Julianita

H_1 La estimación del potencial de captura de carbono de la especie de Capirona es significativa en el Centro Ecológico Julianita

H_0 La estimación del potencial de captura de carbono de la especie de Capirona no es significativa en el Centro Ecológico Julianita

- ❖ **Diseño de Contrastación de Hipótesis**

$H_0 \neq H_1$.

Por lo tanto; **H_0** o **H_1** se acepta y **H_1** o **H_0** se rechaza respectivamente.

CAPITULO II

II. MARCO METODOLOGICO

2.1 TIPO DE INVESTIGACION

2.1.1 De acuerdo a la Orientación

Básica

2.1.2 De acuerdo a la Técnica de Contrastación

Descriptiva

2.2 DISEÑO DE INVESTIGACION

Para la evaluación de bosques tropicales, se pueden utilizar una gran variedad de métodos o diseños de inventarios forestales, sin embargo es necesario buscar diseños que sean realmente eficientes, es decir que al menor costo posible se obtenga la mayor precisión; todo ello debe ser concordante con las características de la población a evaluarse, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Homogeneidad de la población.
- Superficie.
- Accesibilidad.

En tal sentido la combinación de estos factores determinó la condición básica para el diseño del estudio.

La población está comprendida por un bosque homogéneo de “Capirona” (*Calycophyllum spruceanum*), donde se utilizó parcelas de 3360 m², divididas en 4 sub parcelas de 300 m² (10m x 30m), cada parcela fue debidamente limpiada, censada y evaluada cada temporada del estudio de campo para facilitar la investigación.

Por lo tanto las parcelas en estudio cumplen con las siguientes características:

- Población homogénea.
- Superficie pequeña.
- Fácil acceso.

Por lo que el diseño requerido es:

- Cobertura completa del área.

Para la presente investigación se evaluó el 100% de las áreas en ambas especies, teniendo en consideración el diámetro a la altura del pecho (DAP) a evaluar mayor o igual a 10 cm, ya que muestran mayor significancia en la aplicación de la metodología y la obtención de los resultados.

2.3 POBLACION Y MUESTRA

- **Población:**

La población estuvo comprendida por 4 sub parcelas de Capirona (*Calycophyllum spruceanum*) en el Centro ecológico la julianita, sembrado con un método lineal, para la recuperación de conservación de los recursos naturales.

- **Muestra:**

Se tomaron las muestras al azar, de los cuales se evaluara el 50% de árboles disponibles del área.

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

2.4.1 Selección del área de estudio

Se seleccionó como área de estudio la parcela que se utiliza especies forestales, sembradas con fines de recuperación de áreas deforestadas y como protección de la rivera del rio Indoche, que se encuentran ubicadas en el distrito de Calzada, por los siguientes motivos:

- Por ser los mejor bosque representativo de *Calycophyllum spruceanum*, que están siendo cuidados de manera racional.

- Son bosques jóvenes, con condiciones óptimas para realizar el estudio.
- La parcela pose buena accesibilidad.
- Bosques homogéneos óptimos para el estudio.

2.4.2 Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada como se describe: la parcela se encuentra ubicada en el centro ecológico la Julianita de propiedad del señor Sergio Rodríguez Olortegui, a unos 20 minutos a pie de la carretera Fernando Belaúnde Terri, comprende un área de 3360 m², el cual se divide en 4 sub parcelas, en las que se recolectaron muestras de hojarasca (1 m² por cada sub parcela) y se realizará el estudio biométrico en toda la parcela.

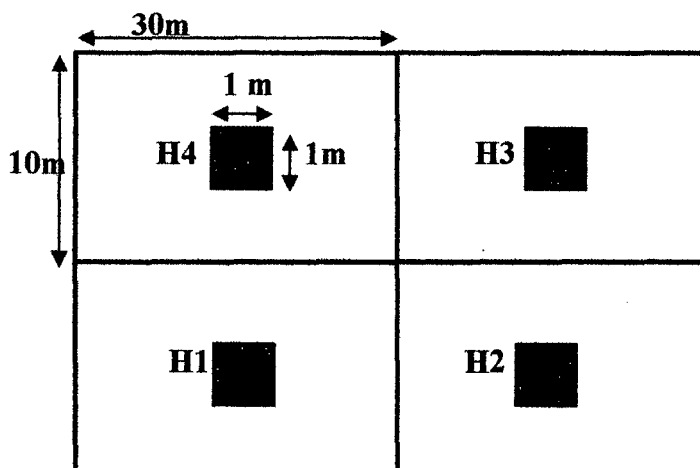
2.4.3 Tamaño de la muestra

Según Schlegel, *et al.* (2001), mencionan que para obtener datos de biomasa que proporcionen una buena regresión lineal se requiere una muestra con un número mínimo de 30 individuos por especie. Por tal motivo en la presente investigación se tomó un número de 95 individuos como muestra de la especie forestal *Calycophyllum spruceanum*, siendo ésta registrada y evaluada en su totalidad en las áreas de estudio (áreas de 3360 m²).

2.4.4 Delimitación Del Área Experimental

Se procede a dividir la superficie total del predio cuenta con un área de 3360 m²; posteriormente dentro del perímetro se trazan líneas secundarias para dividir el área, obteniéndose 04 áreas (A, B, C, D,) en donde se trazan las cuadrículas de 10 x 30 m. (Ver figura N° 01).

Figura N° 01: Parcela de “Eucalipto”

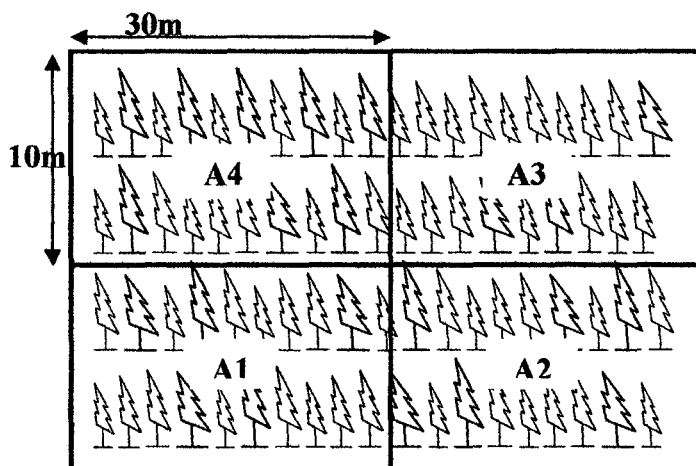


Dónde:

H1, 2, 3, 4 = Áreas de colecta de hojarasca – “Capirona”.

Después se evaluó la parcela, juntando la primera muestra de hojarasca de “Capirona” en las cuatro sub divisiones (H1, 2, 3, 4); para luego realizar las mediciones del DAP (con la forcípula y pie de rey) y la medición de los ángulos base, comercial y total de las “Capirona” (con el hipsómetro y la wincha). Cuyos datos fueron escritos en la matriz de campo. (Ver figura N° 02 y Anexos N° 03, Cuadros N° 10, 11, 12 y 13).

Figura N° 02: Parcela de Evaluación Biométrica



Fuente: Elaboración propia 2013.

Dónde:

A1, 2, 3, 4 = Áreas de estudio biométrico.

2.4.5 *Recolección y pesaje de hojarascas.*

Como se indica líneas arriba se hizo la recolección de la primera muestra de hojarascas, seguidamente a la delimitación de la parcela (“Capirona”), muestra que fue pesada en una balanza portátil de capacidad para 1kg. Obteniéndose un peso inicial (PI), que fue gradualmente pesado cada tres días hasta obtener un peso seco constante (PI_n), lo cual nos permitirá calcular la humedad de las muestras, teniendo en cuenta que el secado de las muestras fue a temperatura ambiente. Además el recojo de las mismas fue realizada cada 15 días obteniéndose 7 muestras en total por cada especie evaluada. (Ver Anexos N° 03, Cuadros N° 14 y 15)

2.5 TECNICAS DE PROCEDIMIENTO Y ANALISIS DE DATOS

2.5.1 *Métodos*

- **Secado y pesaje de las muestras**

El secado de las muestra de la especie se realizó a temperatura ambiente en un lugar seguro (cuarto cerrado) donde no había incidencia directa del sol y la humedad, para ello se realizó movimientos de las hojas dentro de las bolsas de recojo con la finalidad de homogenizar el secado. El pesaje de las muestras se hizo cada tres días (iniciándose a partir del primer peso obtenido en la primera colecta) utilizando una balanza portátil (capacidad de 1 kg) hasta obtener un peso constante seco de cada muestra.

- **Cálculo del contenido de humedad de hojarascas.**

Con el fin de determinar el contenido de humedad en porcentaje de cada muestra recolectada, se utilizó la siguiente fórmula: citado por (Arévalo, et al. 2003).

$$CH = \frac{(PFM(gr) - PSM(gr))}{PSM (gr)} \times 100$$

Dónde:

CH : Contenido de Humedad

PFM : Peso fresco de la muestra

PSM : Peso seco de la muestra

- **Medición de carbono**

Para evaluar la biomasa aérea en la presente investigación, se empleó el Método Indirecto (no destructivo), método que generalmente se aplican cuando los árboles son de grandes dimensiones y entre las fórmulas indirectas para estimar biomasa, se encuentra el uso de modelos de biomasa específicos para cada especie, donde los valores de inventarios forestales como diámetro y altura, se transforman a términos de biomasa con la ayuda de modelos generales, las fórmulas utilizadas en el presente estudio son como se describen a continuación:

- **Cálculo biométrico de las especies de estudio.**

Para el cálculo de los datos biométricos de la especie en estudio, se utilizó el programa Excel, teniendo en cuenta las siguientes fórmulas:

Para calcular la altura:

$$HC/T = D_1 * (\cos A)$$

Donde:

HC/T: Altura comercial/total

D₁: Distancia

A: Ángulo comercial/total

Para calcular el volumen:

$$VC/T = AB * HC/T * F.C$$

Donde:

VC/T: Volumen comercial/total

AB: Área basal

HC/T: Altura comercial/total

F.C: Factor de corrección (0.7)

$$AB = \pi/4 * D^2$$

Donde:

AB: Área basal

D: Diámetro o DAP

- **Cálculo del servicio ambiental.**

Cálculo del índice de riqueza forestal (Índice de Margaleff):

$$D = S - 1/\text{LÓG } N.$$

Donde:

D = índice de riqueza.

S = número de especies.

N = número de individuos de una sola especie.

Cálculo de la densidad (d):

$$d = \text{N}^\circ \text{ individuos} / \text{área (m}^2\text{)}.$$

Donde: **d** = densidad

- **Cálculos de la biomasa vegetal total/especie**

La metodología que se utilizó para la evaluación de biomasa vegetal es recomendada por el Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF). (Arévalo, et al, 2003).

- **Biomasa Arbórea Viva (Kg. /árbol)**

Se calculara la biomasa de cada uno de los árboles vivos y árboles muertos en pie, utilizando el siguiente modelo:

$$BA = 0.1184DAP^{2.53}$$

Donde:

BA = biomasa de árboles vivos

0.1184 = constante

DAP = diámetro a la altura del pecho (1.30 cm.)

2.53 = constante

- **Biomasa Arbórea Viva (Tn/ha)**

Para calcular la biomasa por hectárea, se sumara las biomásas de todos los árboles medidos y registrados (BTAV), es decir:

$$BAVT (Tn/ha) = BTAV * 0.02$$

Donde:

BAVT = biomasa de árboles vivos en Tn/ha

BTAV = biomasa total de las parcelas.

0.02 = factor de conversión para la parcela.

- **Cálculo de la Biomasa de la Hojarasca (Tn/ha)**

Para estimar esta biomasa en Tn/ha, se utilizó la siguiente ecuación:

$$Bh(Tn/ha) = [(PSM / PFM) * PFT] * 0.04$$

Donde:

Bh = biomasa de la hojarasca, materia seca

PSM = peso seco de la muestra colectada (g)

PFM = peso fresco de la muestra colectada (g)

PFT = peso total por metro cuadrado (g)

0.04 = factor de conversión

- **Cálculo de la Biomasa Vegetal Total (Tn/ha)**

$$BVT(Tn/ha) = (BAVT + Bh)$$

Donde:

BVT = biomasa vegetal total.

BAVT = biomasa total de árboles vivos.

Bh = biomasa de la hojarasca.

CÁLCULO DEL CARBONO TOTAL

- **Cálculo del Carbono en la Biomasa Vegetal Total (Tn/ha)**
- **Carbono en la Biomasa Vegetal Total (Tn/ha)**

$$CBV(Tn/ha) = BVT * 0.45$$

Donde:

CBV = carbono en la biomasa vegetal.

BVT = biomasa vegetal total.

0.45 = constante (proporción de carbono, asumido por convención).

III. RESULTADOS

3.1 RESULTADOS

3.1.1 Resultados de Campo

- **Inventario biométrico de *Calycophyllum spruceanum*.**

De acuerdo al trabajo de campo el inventario biométrico se inició en la plantación de *Calycophyllum spruceanum*, evaluándose unas 95 plantas, a las cuales se midió primeramente el DAP, mayores de 10 cm en toda la parcela, luego se etiquetó y señaló la especie evaluada, estimándose posteriormente los ángulos comercial y total de las especies, utilizando los instrumentos que se describen en la parte de “Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos” del presente estudio. Los datos obtenidos fueron escritos en una matriz de campo, que posteriormente sirvieron para el cálculo en gabinete de las alturas tanto comercial, total de cada planta y otros cálculos de importancia para la presente investigación. En cuanto a la altura comercial registrada en *Calycophyllum spruceanum* la mínima fue de 3.7 y la máxima de 10.4, además de las alturas totales registradas la mínima fue de 8.5 y la máxima 13.7. (Ver Anexos N° 03, Cuadros N° 10 hasta el 13).

- **Biomasa Arbórea Viva de “Capirona” (BA)**

Se determinó a partir de los datos obtenidos en la fase biométrica (DAP) empleando la fórmula:

$$BA = 0.1184DAP^{2.53}$$

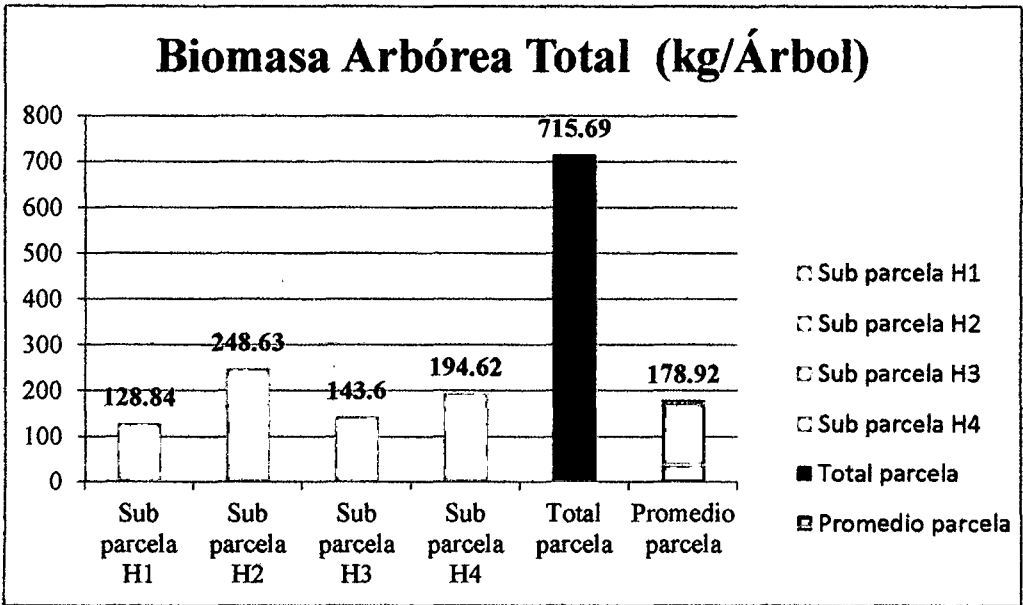
Datos que fueron ordenados por sub parcelas y promediados de igual forma (Ver Anexos N° 03, Cuadros N°17 hasta el 21) para obtener finalmente datos representativos por sub parcela y

parcela de *Calycophyllum spruceanum*, lo cual se resume y describe en los siguientes cuadros y gráficos:

Cuadro N° 01: Biomasa arbórea viva total por sub parcela y parcela de “Capirona”.

SUB PARCELA	H1	H2	H3	H4	TOTAL PARCELA	PROMEDIO PARCELA
Cantidad promedio (kg/Árbol)	128.84	248.63	143.6	194.62	715.69	178.9225
Cantidad promedio (Tn/ha)	1.29	2.49	1.44	1.95	7.17	1.7925

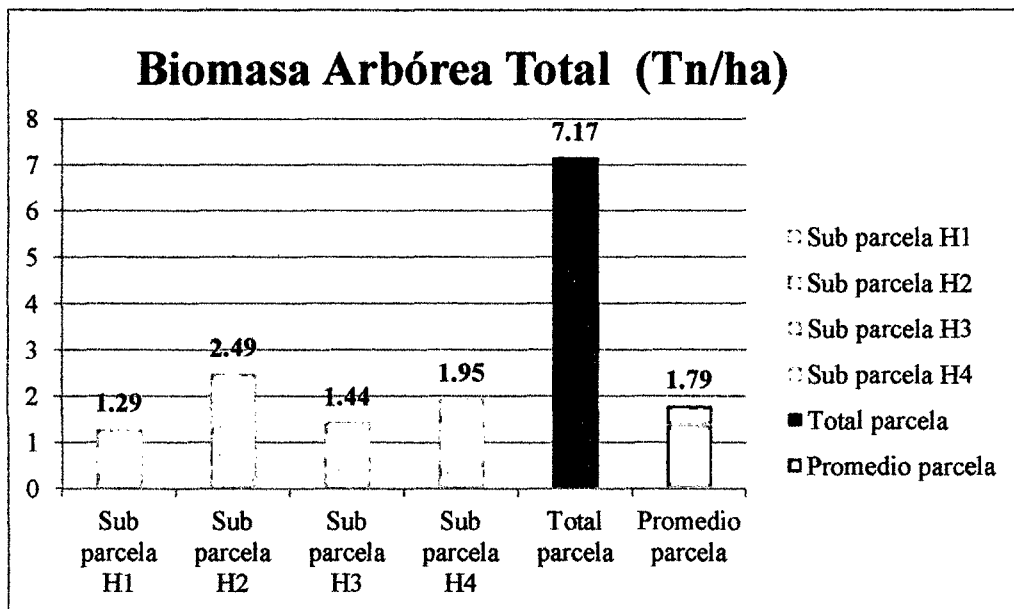
Gráfico N° 01: Distribución de la biomasa arbórea total promedio en kilogramos/árbol por sub parcela y parcela de *Calycophyllum spruceanum*.



Interpretación:

En cuanto a las sub parcelas de *Calycophyllum spruceanum* la biomasa arbórea mínima registrada fue de 128.84 kg/árbol en la sub parcela “H1” y la máxima 248.63 kg/árbol en la sub parcela “H2”. Cuyos valores sumados a las de “H3” y “H4”representan la biomasa arbórea total de la parcela con 715.69 kg/árbol, cuyo valor en promedio representa 178.92 kg/árbol en relación al área de estudio.

Gráfico N° 02: Distribución de la biomasa arbórea total promedio en Toneladas/hectárea por sub parcela y parcela de *Calycophyllum spruceanum*.



Interpretación:

La biomasa arbórea total registrada para *Calycophyllum spruceanum* en toneladas por hectárea fue de 7.17 Tn/ha, como consecuencia de la sumatoria de las cantidades obtenidas en cada sub parcela. Siendo la cantidad mínima registrada por sub parcela 1.29 Tn/ha en “H1” y el máximo estimado 2.49 Tn/ha en “H2”. Datos que sumados a las sub parcelas “H3” y “H4”, en promedio representan 1.79 Tn/ha de biomasa arbórea registrada en el área de estudio.

- **Biomasa de la hojarasca Capirona.**

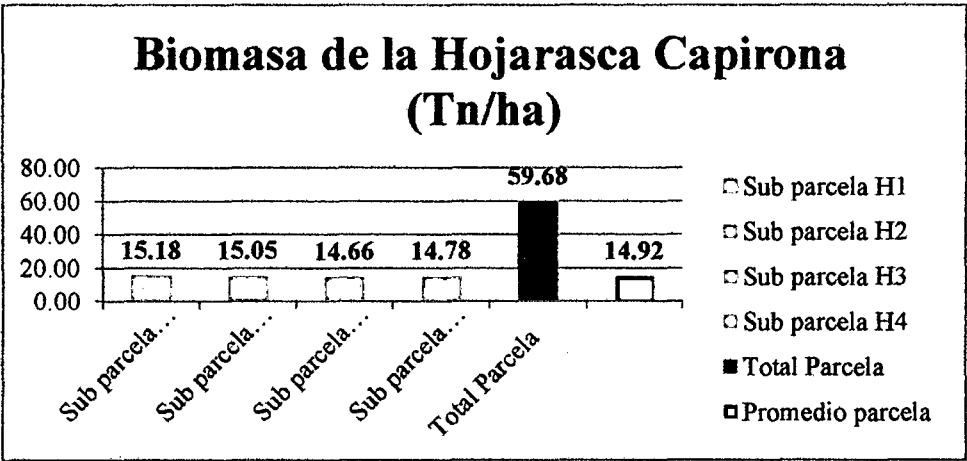
Se obtuvo mediante la colecta de 7 muestras de hojarasca de *Calycophyllum spruceanum* recogidas por cada sub parcela (sub división 1m²), cada 15 días después de la primera muestra colectada, por un periodo de 3 meses, los cuales fueron pesados hasta obtenerse un peso seco constante a temperatura ambiente, que sirvieron para determinar el peso seco de los mismos y la

cantidad en porcentaje de humedad de las muestras. (Ver Anexos N° 03, Cuadro N° 16). En tal sentido se muestran en resumen los valores en promedio de biomasa de hojarasca de *Calycophyllum spruceanum* en el siguiente cuadro y gráfico:

Cuadro N° 02: Biomasa promedio hojarasca de “Capirona”.

SUB DIV	PROMEDIO BH (TN)
Sub parcela H1	15.18
Sub parcela H2	15.05
Sub parcela H3	14.66
Sub parcela H4	14.78
Total Parcela	59.68
Promedio parcela	14.92

Gráfico N° 03: Distribución de la biomasa promedio de hojarasca de *Calycophyllum spruceanum* en Toneladas/hectárea por sub parcela y parcela.



Interpretación:

Los resultados obtenidos en biomasa de hojarasca de *Calycophyllum spruceanum* dan cuenta que la cantidad mínima estimada fue de 14.66 Tn/ha en la sub parcela “H4” y la máxima de 15.18 Tn/ha en la sub parcela “H1”, cuyos valores sumados a los de “H2” y “H3”, reflejan un total de 59.68 Tn/ha, que promediado por parcela se obtiene un 14.92 Tn/ha de biomasa de hojarasca seca calculado.

- Porcentaje humedad promedio de hojarasca de “Capirona”.

Cuadro N° 03: Porcentaje de humedad promedio por sub parcela de las muestras de hojarasca de “Capirona”.

MUESTRAS	H1	H2	H3	H4
%HUMEDAD Promedio	6.22	7.57	6.72	7.20

Interpretación:

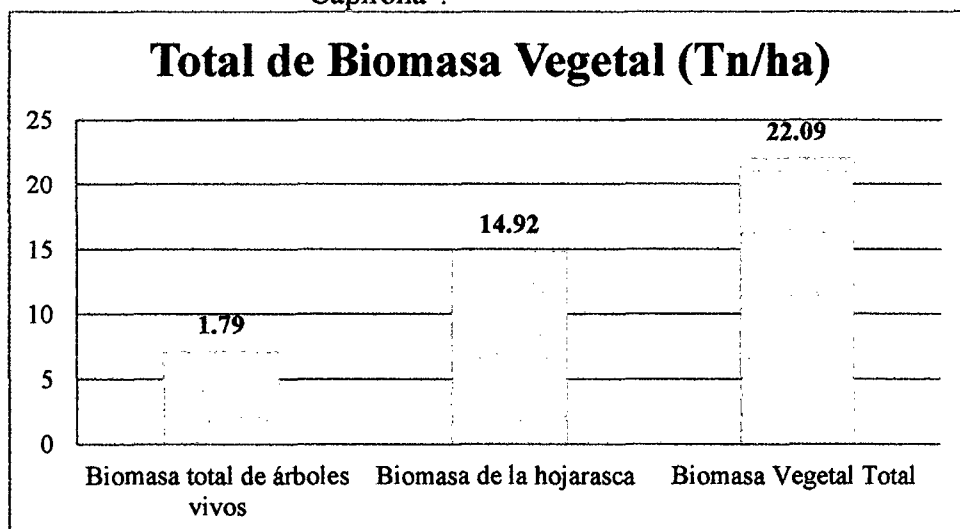
La humedad promedio mínima registrada por sub parcela en las muestras de hojarasca de *Calycophyllum spruceanum* fue en “H1” con un 6.22% y la máxima promedio estimada fue en “H2” con un 7.57%. Lo cual refleja una diferencia de 1.35% de humedad entre estos dos sub sectores de referencia.

- Biomasa Vegetal Total (Tn/ha)

Cuadro N° 04: Cantidad de biomasa vegetal total de la especie forestal.

Especie Forestal	Biomasa total de árboles vivos (Tn/ha)	Biomasa de la Hojarasca (Tn/ha)	Biomasa Vegetal Total (Tn/ha)
<i>Capirona</i>	7.17	14.92	22.09

Gráfico N° 04: Distribución de la biomasa vegetal total de “Capirona”.



Interpretación:

De acuerdo con los datos obtenidos en campo y procesados en gabinete, muestran que la cantidad total de biomasa vegetal registrada en *Calycophyllum spruceanum* es 22.09 Tn/ha y la cantidad de biomasa de la hojarasca registrada es 14.92 Tn/ha.

- **Cantidad de carbono acumulado.**

Para la determinación del carbono acumulado en estudio se utilizó la siguiente fórmula:

$$CBV(Tn / ha) = BVT * 0.45$$

Dónde:

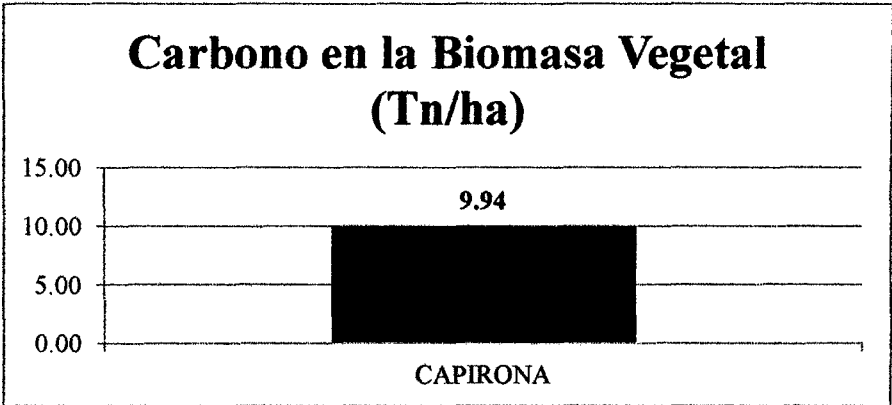
CBV = carbono en la biomasa vegetal.
BVT = biomasa vegetal total.
0.45 = constante. (Proporción de carbono, asumido por convención).

Obteniéndose el siguiente resultado que se muestran en el siguiente cuadro y gráfico:

Cuadro N° 05: Carbono en la biomasa vegetal.

Especie Forestal	Carbono en la biomasa vegetal (Tn/ha)
CAPIRONA	9.94

Gráfico N° 05: Distribución del carbono de la biomasa vegetal expresada en toneladas/hectárea de “Capirona”.



Interpretación:

El carbono estimado en la biomasa vegetal de la especie forestal evaluada determino que la cantidad registrada fue 9.94 Tn/ha.

Cuadro N° 06: Porcentaje de Biomasa Total “Capirona”.

Porcentaje de Biomasa Total		
Especie	Cantidad (Tn/Ha)	%
Capirona	22.09	100
Total	22.09	100

Cuadro N° 07: Porcentaje de Carbono en la biomasa vegetal “Capirona”.

Porcentaje de Carbono en la biomasa vegetal		
Especie	Cantidad (Tn/Ha)	%
Capirona	9.94	9.94
Total	9.94	100

- **Servicio ambiental de la especie forestal del área de estudio.**

- Para la determinación del servicio ambiental de la especie forestal en estudio como *Calycophyllum spruceanum*, se empleó las siguientes fórmulas:

$$D = S - 1/LÓG N. \text{ (Índice de Margalef)}$$

Donde:

D = índice de riqueza.

S = número de especies.

N = número de individuos de una sola especie.

Quedando así finalmente los resultados en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 08: Índice de riqueza de la parcela de estudio.

N°PARCELA	Sp	Sp evaluadas	N°indiv por Sp	Indice de Margalef
P1	Capirona	1	95	0.49
Total		1	95	0.49

Interpretación:

De 95 individuos evaluados de *Calycophyllum spruceanum* se estimó un índice de riqueza de 0.49.

- **Determinación de la densidad de especie**

Para calcular la densidad de la especie se empleó la siguiente fórmula:

$$d = \text{N° individuos} / \text{área (m}^2\text{)}.$$

Donde:

d= densidad.

Cuyos resultados se muestran en el presente cuadro:

Cuadro N° 09: Densidad determinada de especie.

Sp	N°indiv	área(m2)	densidad
Capirona	95	3360	0.03
TOTAL	95	3360	0.03

Interpretación:

Según los datos obtenidos la densidad estimada de *Calycophyllum spruceanum* fue de 0.03 (densidad baja) en un área de 3360m² con 95 individuos evaluados.

3.2 DISCUSIONES

- **Contenido de humedad**

En cuanto al contenido de humedad de las muestras de hojarasca de la especie forestal evaluada, podemos decir que el porcentaje que se registró en las muestras de *Calycophyllum spruceanum*, siendo estas cantidades expresadas en porcentaje promedio por cada sub parcela, lo siguiente: H1= 6.22%, H2= 7.57%, H3= 6.72%, H4= 7.20%, sin embargo en el periodo de sacado a temperatura ambiente, la especie perdió humedad en mayor proporción y rapidez. Destacando además las características físicas de la hojarasca, presenta menos consistencia y fragilidad, siendo ésta una oportunidad para perder peso y humedad con mayor facilidad cuando está propensa al secado.

- **Coefficiente de carbono utilizado**

Se ha comprobado que el porcentaje de carbono acumulado en la biomasa forestal es de 45% a 55%; generalmente se utiliza 50% como promedio para encontrar el porcentaje de carbono en el bosque (Brown et al., Goudrian, Schroeder et al., Hoen y Solberg, Boscolo et al., Delaney et al., Ramírez et al., Ortiz todos citados por Lopera y Gutiérrez, 2000); sin embargo, en este estudio se utilizó el valor mínimo (45%) con la finalidad de no sobre estimar el contenido total de carbono.

También se arribó a este porcentaje, como un valor estándar en el I Simposium Internacional de Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales (Chile, 2001), utilizado también por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).

Por todo lo expuesto es que no fue necesario realizar el ensayo de Laboratorio para hallar el contenido promedio de Carbono para la *Calycophyllum spruceanum*, debido a los altos costos que incurren estos ensayos fuera del país.

- **Cantidad de Carbono de *Calycophyllum spruceanum* comparadas con otras investigaciones.**

La cantidad de carbono almacenado a los 2 años y 8 meses de las especies forestales en investigación “Determinación del potencial de captura de carbono en cinco especies forestales de dos años de edad, cedro nativo, (*cedrela odorata*) caoba, (*swietenia macrophylla*.) bolaina, (*guazuma crinita*) teca, (*tectona grandis*) y capirona, (*calycophyllum sprucearum*) en la localidad de Alianza San Martín 2009” es de:

• Bolaina (<i>Guazuma crinita</i> .)	2.42tnC/ha.
• Teca (<i>Tectona grandis</i>)	2.14tnC/ha
• Cedro Nativo (<i>Cedrela odorata</i>)	1.03tnC/ha
• Capirona (<i>Calycophyllum sprucearum</i>)	0.91tnC/ha
• Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i> .)	0.68tnC/ha.

A comparación de Carbono capturado de la especie forestal de Capirona (*Calycophyllum sprucearum*), en el centro ecológico la Julianita fue de 9.94tn/ha en la plantas mayores de 10 años. Se puede determinar que las características de las plantas mayores a 5 años influyen significativamente en los resultados obtenidos, debido a la madures de la planta y al continuo cambio de hojas que realiza; al ser comparados con otras investigaciones similares.

3.3 CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se ha realizado el presente trabajo de investigación, de acuerdo a los resultados obtenidos, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- La influencia del potencial de captura de carbono en el Centro Ecológico la Julianita es importante ya que se determinó que la especie Capirona (*Calycophyllum sprucearum*), capturo 9.94 Tn/ha de carbono y es un importante sumidero de carbono debido a que la plantación puede ser cosechada a partir del quinto año de siembra y puede alcanzar su madurez al décimo año.
- El carbono capturado en la biomasa de árboles vivos de la especie Capirona (*Calycophyllum sprucearum*) en el centro ecológico La Julianita, fue de 1.79 Tn/ha de carbono capturado.
- El carbono capturado en la biomasa de hojarasca de la especie Capirona (*Calycophyllum sprucearum*) en el centro ecológico La Julianita, fue de 14.93 Tn/ha de carbono capturado.
- La metodología aplicada demostró ser viable y no generó muchos gastos, el utilizar al DAP (diámetro a la altura del pecho) como única variable independiente simplifica el trabajo de campo y permite estimar el carbono capturado sin la necesidad de realizar estudios en laboratorio, los cuales son costosos y de difícil acceso en nuestro país.

3.4 RECOMENDACIONES

- A toda la comunidad estudiantil e instituciones educativas públicas y privadas de formación profesional se recomienda realizar la réplica del presente trabajo de investigación en diferentes zonas y estratos del departamento de San Martín.
- San Martín debería liderar un proceso de certificación de bosques para la compensación por bonos de carbono, y así obtener ingresos que ayudarán a cuidar y promover la investigación.
- Es necesario realizar monitoreos y bases de datos relacionados a la capacidad de acumulación de biomasa y carbono en especies forestales y así aprovechar las oportunidades económicas que genera este mecanismo de desarrollo limpio.
- Realizar las campañas de Educación Ambiental en todos los niveles ya que constituye la base principal para tener una concepción madura y responsable sobre la importancia de la protección y conservación de los tropicales de nuestra amazonia y recursos naturales en general.

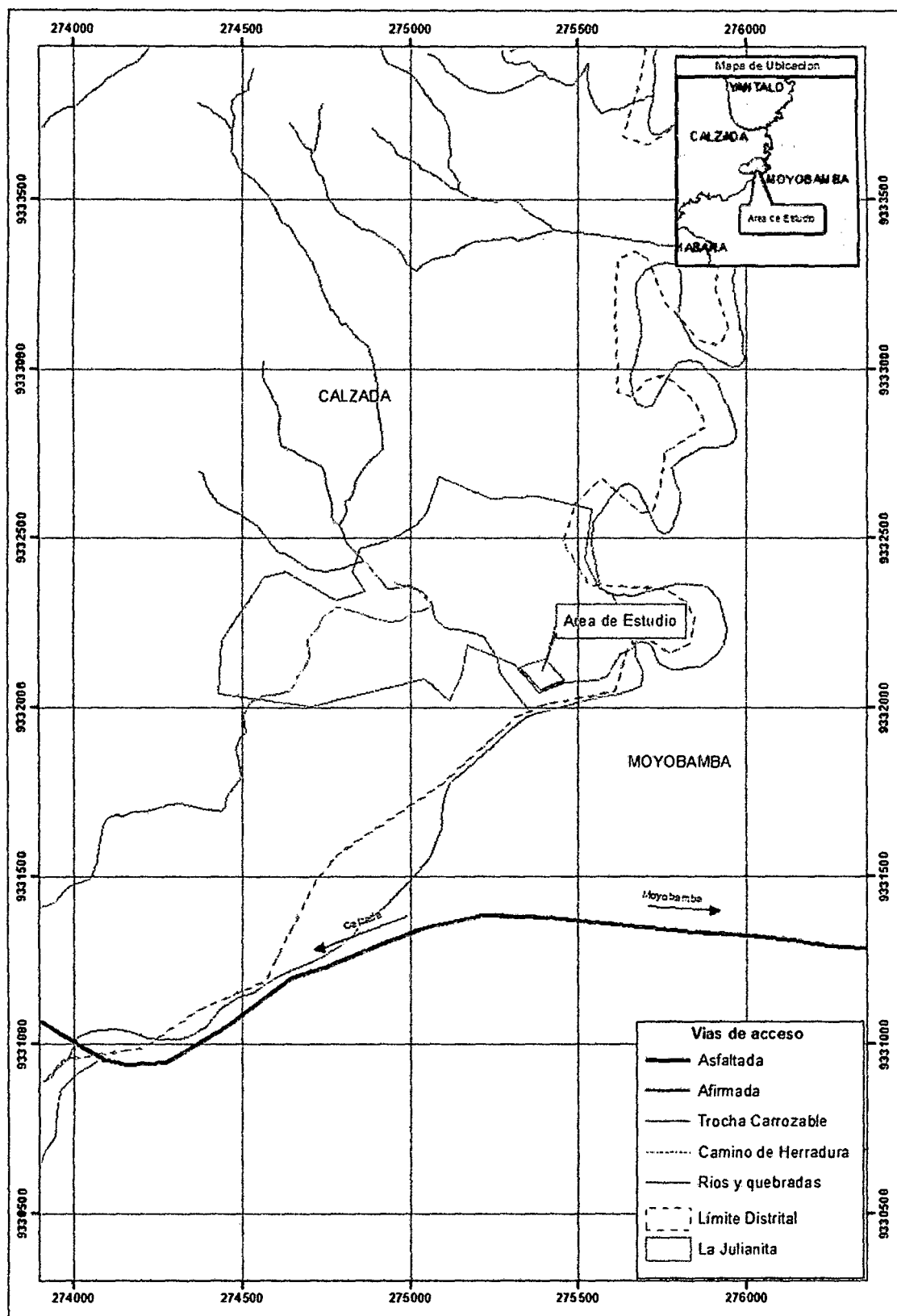
3.5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Arévalo, L, Alegre, J., Palm, C.** 2003. Determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en el Perú. INIA.
- **Basantes M., Emilio Rodrigo.** 2003. “Silvicultura y Fisiología Vegetal Aplicada”. Editorial Friend’s S.A. Primera Edición. Quito - Ecuador.
- **Brown, S.** 1996. Influencia de los bosques. Revista Unasylva.
- **Carranza, E., Madrigal, X.** 1995. *Alnus acuminata*. CATIE.
- **Catpo Ch., Jorge Enrique.** 2004. “Determinación de la Ecuación Alométrica de *Pinus patula* y Estimación del Contenido de Carbono en su Biomasa Arbórea en Porcón, Cajamarca - Perú”. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
- **Chidiak M., Moreyra A., Greco C,** 2003. Captura de carbono y desarrollo forestal sustentable en la Patagonia Argentina.
- **FAO** 1995, citado por Baldoceda 2001.
- **Gamarra, C.,** 2001. Estimación del contenido de carbono en plantaciones de *Eucalyptus globulus Labill* en el departamento de Junín – Perú.
- **Gayoso, Jorge et al.** 2001. “Guía para la Formulación de proyectos Forestales de Carbono”. Universidad Austral de Chile. Valdivia - Chile.
- **Jiménez P., Javier et al.** 2008. “Capacidad de Captura de carbono en Ecosistemas Mixtos en el Estado de Tamaulipas”. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Tamaulipas - México.
- **Ordóñez D., José Antonio Benjamín.** 1999. “Captura de Carbono en un Bosque Templado: el caso de san Juan nuevo, Michoacán”. Instituto de Ecología-SEMARNAP. Primera Edición. México.
- **Osorio, O.,** 2004. Interceptación de la radiación, acumulación y distribución de biomasa y contenido de carbono en las especies: *Eucalyptus grandis Hill ex Maiden* y *Alnus acuminata H.B.K.* Colombia.
- **Palomino, D., Cabrera, C.,** 2008. Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de los humedales de Puerto Viejo.

- **Pinedo, G.** 2011. Potencial de Captura de Carbono en el Cultivo de Piñón Blanco (*Jatropha Curcas L.*), en la Estación Experimental el Porvenir, INIA – Tarapoto. Perú.
- **Quitorán, G.** 2009. Determinación del Potencial de Captura de Carbono en Cinco especies Forestales de dos Años de Edad, Cedro Nativo, (*Cedrela odorata*) Caoba, (*Swietenia macrophylla*) Bolaina, (*Guazuma crinita*) Teca, (*Tectona grandis*) Y Capirona, (*Calycophyllum sprucearum*) en la Localidad de Alianza San Martín 2009. Perú.
- **Gutierrez y Aguirre** 2009 Potencial de Captura De Carbono De La *Guaduaspp*. Por Estadíos En El Bosque Local "El Maronal De Atumplaya" San Martín 2009. Perú.
- **Izquierdo** 2012 “Potencial de Captura de Carbono de las Especies Forestales “Aliso” y “Eucalipto” en la localidad de Florida Pomacochas”.
- **Schlegel, Bastienne et al.** 2001. “Manual de Procedimientos para Inventarios de carbono en Ecosistemas Forestales”. Universidad Austral de Chile. Valdivia - Chile.
- **Zonificación Ecológica y Económica (ZEE)** del departamento de San Martín, 2007.

IV. ANEXOS

Anexo 01 Mapa de ubicación de la Investigación



Anexo 02
Imagen satelital de ubicación de la parcela de estudio



Fuente: Google Earth

Anexo 03

Cuadros Resumen de las Parcelas

Cuadro N° 10: Datos Biométricos Sector "H1"

N° Sp	Especie	DAP (m)	Dist (m)	Ángulos(°)			ÁREA BASAL (m2)	Alturas(m)		Volumen(m3)		
				angB	angC	angT		Hc	Ht	Vc	Vt	Vol Tot- parcela
1	Capirona	0.13	9	8	58	67	0.01	5.8	6.9	0.05	0.06	0.12
2	Capirona	0.18	17	6	33	56	0.02	6.0	10.2	0.10	0.17	0.27
3	Capirona	0.13	16	5	26	42	0.01	4.4	7.0	0.04	0.06	0.10
4	Capirona	0.14	16	5	40	50	0.01	6.6	8.3	0.07	0.08	0.15
5	Capirona	0.11	15	5	41	51	0.01	6.4	8.0	0.04	0.05	0.09
6	Capirona	0.24	18	4	22	52	0.05	4.2	9.6	0.13	0.30	0.43
7	Capirona	0.19	18	5	40	60	0.03	7.5	11.5	0.14	0.22	0.37
8	Capirona	0.17	18	5	50	57	0.02	9.4	10.8	0.14	0.16	0.31
9	Capirona	0.13	16	5	44	57	0.01	7.3	9.6	0.07	0.09	0.15
10	Capirona	0.14	16	5	51	58	0.01	8.5	9.8	0.09	0.10	0.18
11	Capirona	0.13	16	4	43	59	0.01	7.0	9.8	0.06	0.09	0.16
12	Capirona	0.2	16	5	44	55	0.03	7.3	9.2	0.16	0.20	0.36
13	Capirona	0.13	14	5	44	58	0.01	6.4	8.6	0.06	0.08	0.14
14	Capirona	0.11	10	7	48	59	0.01	5.2	6.5	0.03	0.04	0.08
15	Capirona	0.13	11	6	45	65	0.01	5.2	7.8	0.05	0.07	0.12
16	Capirona	0.15	13	6	62	72	0.02	8.8	10.5	0.11	0.13	0.24
17	Capirona	0.17	16	5	50	67	0.02	8.3	11.6	0.12	0.17	0.30
18	Capirona	0.12	13	5	56	72	0.01	7.7	10.3	0.06	0.09	0.15
19	Capirona	0.17	12	6	39	71	0.02	5.0	9.5	0.08	0.16	0.24
20	Capirona	0.16	14	6	58	66	0.02	8.7	10.2	0.12	0.13	0.25
21	Capirona	0.14	15	5	54	66	0.02	8.5	10.7	0.10	0.12	0.22
22	Capirona	0.12	16	5	50	62	0.01	8.3	10.6	0.07	0.08	0.15
23	Capirona	0.18	18	5	38	58	0.02	7.1	11.0	0.12	0.19	0.31
24	Capirona	0.27	19	5	41	58	0.06	8.1	11.6	0.32	0.47	0.79
25	Capirona	0.15	13	5	49	64	0.02	6.6	8.9	0.08	0.11	0.19
26	Capirona	0.11	12	5	45	60	0.01	5.6	7.6	0.03	0.05	0.08
27	Capirona	0.12	8	10	45	63	0.01	4.2	5.9	0.03	0.04	0.07

Cuadro N° 11: Datos Biométricos Sector "H2"

N° Sp	Especie	DAP (m)	Dist (m)	Ángulos(°)			ÁREA BASAL (m2)	Alturas(m)		Volúmen(m3)		
				ang B	ang C	ang T		Hc	Ht	Vc	Vt	Vol Tot-parcela
1	Capirona	0.23	17	4	50	62	0.04	8.7	11.0	0.25	0.32	0.57
2	Capirona	0.26	17	5	27	65	0.05	4.9	11.9	0.18	0.44	0.62
3	Capirona	0.27	20	4	40	65	0.06	8.1	13.7	0.32	0.55	0.87
4	Capirona	0.16	18	5	55	65	0.02	10.4	12.6	0.15	0.18	0.32
5	Capirona	0.19	16	5	45	64	0.03	7.5	11.0	0.15	0.22	0.37
6	Capirona	0.22	16	6	60	69	0.04	10.4	12.3	0.28	0.33	0.60
7	Capirona	0.22	17	4	49	68	0.04	8.5	12.4	0.22	0.31	0.53
8	Capirona	0.2	15	4	60	75	0.03	9.4	12.4	0.21	0.27	0.48
9	Capirona	0.13	15	5	55	67	0.01	8.7	10.9	0.08	0.10	0.18
10	Capirona	0.16	15	5	41	66	0.02	6.4	10.7	0.09	0.15	0.24
11	Capirona	0.19	17	5	57	69	0.03	10.2	12.8	0.20	0.25	0.46
12	Capirona	0.18	17	5	55	62	0.03	9.8	11.3	0.17	0.20	0.38
13	Capirona	0.18	17	5	52	56	0.03	9.2	10.0	0.16	0.18	0.34
14	Capirona	0.22	19	5	35	64	0.04	6.9	13.1	0.18	0.35	0.53
15	Capirona	0.22	18	4	44	60	0.04	8.0	11.2	0.21	0.30	0.51
16	Capirona	0.14	16	4	36	52	0.02	5.8	8.5	0.06	0.09	0.15
17	Capirona	0.23	18	4	46	67	0.04	8.4	12.8	0.24	0.37	0.62
18	Capirona	0.2	16	4	39	65	0.03	6.3	11.0	0.14	0.24	0.38
19	Capirona	0.22	15	5	43	71	0.04	6.7	11.7	0.18	0.31	0.49

Cuadro N° 12: Datos Biométricos Sector “H3”

N° Sp	Especie	DAP (m)	Dist (m)	Ángulos(°)			ÁREA BASAL (m2)	Alturas(m)		Volúmen(m3)		
				angB	angC	angT		Hc	Ht	Vc	Vt	Vol Tot- parcela
1	Capirona	0.2	14	5	55	65	0.03	8.1	9.8	0.17	0.20	0.37
2	Capirona	0.16	14	6	37	64	0.02	5.5	9.8	0.07	0.13	0.20
3	Capirona	0.19	15	6	45	65	0.03	7.2	10.7	0.14	0.21	0.35
4	Capirona	0.11	11	6	50	58	0.01	5.8	6.9	0.04	0.05	0.09
5	Capirona	0.2	15	5	50	63	0.03	7.8	10.1	0.17	0.22	0.39
6	Capirona	0.14	15	5	49	66	0.02	7.6	10.7	0.08	0.12	0.20
7	Capirona	0.16	15	6	53	69	0.02	8.5	11.5	0.11	0.15	0.26
8	Capirona	0.17	15	5	53	66	0.02	8.3	10.7	0.13	0.17	0.30
9	Capirona	0.12	12	7	51	65	0.01	6.7	8.7	0.05	0.06	0.11
10	Capirona	0.1	10	8	57	69	0.01	6.4	8.0	0.04	0.04	0.08
11	Capirona	0.27	20	4	37	53	0.06	7.5	10.9	0.30	0.44	0.73
12	Capirona	0.18	15	5	32	58	0.02	5.0	9.2	0.08	0.15	0.24
13	Capirona	0.11	12	6	55	65	0.01	7.1	8.6	0.05	0.06	0.10
14	Capirona	0.16	13	6	58	72	0.02	8.1	10.5	0.11	0.15	0.26
15	Capirona	0.19	19	5	50	66	0.03	9.9	13.6	0.19	0.26	0.44
16	Capirona	0.15	15	6	58	72	0.02	9.4	12.1	0.12	0.15	0.27
17	Capirona	0.12	10	8	54	73	0.01	6.0	8.5	0.05	0.07	0.12
18	Capirona	0.11	12	8	56	70	0.01	7.5	9.7	0.05	0.06	0.10
19	Capirona	0.17	16	5	54	68	0.02	9.1	11.8	0.14	0.19	0.33
20	Capirona	0.1	10	6	54	68	0.01	5.8	7.5	0.03	0.04	0.07
21	Capirona	0.21	18	7	50	65	0.03	9.8	13.1	0.24	0.32	0.55
22	Capirona	0.17	18	4	51	66	0.02	9.4	12.6	0.15	0.20	0.35

Cuadro N° 13: Datos Biométricos Sector “H4”

N° Sp	Especie	DAP (m)	Dist (m)	Ángulos(°)			ÁREA BASAL (m2)	Alturas (m)		Volumen (m3)		
				angB	angC	angT		Hc	Ht	Vc	Vt	Vol Tot- parcela
1	Capirona	0.23	10	8	64	75	0.04	7.3	8.8	0.21	0.26	0.47
2	Capirona	0.16	11	6	31	71	0.02	3.7	8.7	0.05	0.12	0.17
3	Capirona	0.26	18	4	55	60	0.05	10.2	11.2	0.38	0.42	0.80
4	Capirona	0.13	10	8	52	61	0.01	5.8	6.9	0.05	0.06	0.12
5	Capirona	0.13	10	7	53	67	0.01	5.8	7.5	0.05	0.07	0.12
6	Capirona	0.17	14	6	55	71	0.02	8.2	11.1	0.13	0.18	0.31
7	Capirona	0.23	15	6	54	70	0.04	8.7	11.7	0.25	0.34	0.59
8	Capirona	0.15	13	7	57	66	0.02	8.1	9.6	0.10	0.12	0.22
9	Capirona	0.17	14	6	56	74	0.02	8.4	11.7	0.13	0.19	0.32
10	Capirona	0.12	13	6	54	67	0.01	7.5	9.6	0.06	0.08	0.14
11	Capirona	0.13	10	8	65	74	0.01	7.4	8.7	0.07	0.08	0.15
12	Capirona	0.15	12	7	65	78	0.02	8.7	11.0	0.11	0.14	0.24
13	Capirona	0.16	13	8	60	75	0.02	8.8	11.5	0.12	0.16	0.29
14	Capirona	0.17	13	6	55	73	0.02	7.7	10.7	0.12	0.17	0.29
15	Capirona	0.11	10	8	55	71	0.01	6.1	8.2	0.04	0.05	0.10
16	Capirona	0.21	15	6	51	62	0.03	8.1	10.1	0.20	0.25	0.44
17	Capirona	0.12	9	10	45	61	0.01	4.7	6.4	0.04	0.05	0.09
18	Capirona	0.18	14	6	50	62	0.03	7.4	9.4	0.13	0.17	0.30
19	Capirona	0.13	10	8	50	69	0.01	5.5	8.0	0.05	0.07	0.13
20	Capirona	0.22	14	7	46	62	0.04	7.0	9.6	0.19	0.26	0.44
21	Capirona	0.14	12	6	40	60	0.02	5.1	7.8	0.05	0.08	0.14
22	Capirona	0.17	16	5	28	60	0.02	4.7	10.2	0.08	0.16	0.24
23	Capirona	0.295	14	5	30	60	0.07	4.4	8.9	0.21	0.43	0.64
24	Capirona	0.22	16	5	47	62	0.04	7.8	10.6	0.21	0.28	0.49
25	Capirona	0.12	9	8	50	60	0.01	5.0	6.1	0.04	0.05	0.09
26	Capirona	0.28	18	5	34	54	0.06	6.4	10.2	0.27	0.44	0.71
27	Capirona	0.19	12	7	40	55	0.03	5.2	7.2	0.10	0.14	0.25

Cuadro N° 14: Biomasa hojarasca (Tn).

➤ **Primera muestra (M1)**

Muestras	PSM	PFM	PFT	BH(TN)
M1H1	89	94	456	17.27
M1H2	86	91	441	16.67
M1H3	99	104	506	19.27
M1H4	103	108	526	20.07

➤ **Segunda muestra (M2)**

Muestras	PSM	PFM	PFT	BH(TN)
M2H1	83	87	339	12.94
M2H2	71	76	366	13.68
M2H3	111	116	566	21.66
M2H4	65	70	336	12.48

➤ **Tercera muestra (M3)**

Muestras	PSM	PFM	PFT	BH(TN)
M3H1	53	57	219	8.15
M3H2	60	66	312	11.35
M3H3	65	70	336	12.48
M3H4	61	69	319	11.28

➤ **Cuarta muestra (M4)**

Muestras	PSM	PFM	PFT	BH(TN)
M4H1	139	146	708	26.96
M4H2	80	85	411	15.47
M4H3	55	59	285	10.63
M4H4	70	75	361	13.48

➤ **Quinta muestra (M5)**

Muestras	PSM	PFM	PFT	BH(TN)
M5H1	77	81	395	15.02
M5H2	78	83	401	15.07
M5H3	72	77	371	13.88
M5H4	78	83	401	15.07

➤ **Sexta muestra (M6)**

Muestras	PSM	PFM	PFT	BH(TN)
M6H1	80	85	411	15.47
M6H2	83	88	513	19.35
M6H3	61	67	381	13.88
M6H4	76	80	390	14.82

➤ Séptima muestra (M7)

Muestras	PSM	PFM	PFT	BH(TN)
M7H1	55	60	286	10.49
M7H2	61	68	383	13.74
M7H3	70	74	287	10.86
M7H4	84	89	431	16.27

Cuadro N° 15: Cálculo final de la biomasa de hojarasca.

SUB DIV	TOTAL Bh (Tn)	PROMEDIO Bh (Tn)
H1	106.29	15.18
H2	105.34	15.05
H3	102.65	14.66
H4	103.47	14.78
TOTAL PROMEDIO Bh		59.68
PARCELA Bh		14.92

$$Bh(Tn / ha) = [(PSM / PFM) * PFT] * 0.04$$

Bh = biomasa de la hojarasca, materia seca

PSM = peso seco de la muestra colectada (g)

PFM = peso fresco de la muestra colectada (g)

PFT = peso total por metro cuadrado (g)

0.04 = factor de conversión

Cuadro N° 16: Porcentajes de humedad de las muestras colectadas.

MUESTRAS	M1H1	M1H2	M1H3	M1H4
%HUMEDAD	5.62	5.81	5.05	4.85

MUESTRAS	M1H1	M1H2	M1H3	M1H4
%HUMEDAD	4.82	7.04	4.50	7.69

MUESTRAS	M1H1	M1H2	M1H3	M1H4
%HUMEDAD	7.55	10.00	7.69	13.11

MUESTRAS	M1H1	M1H2	M1H3	M1H4
%HUMEDAD	5.04	6.25	7.27	7.14

MUESTRAS	M1H1	M1H2	M1H3	M1H4
%HUMEDAD	5.19	6.41	6.94	6.41

MUESTRAS	M1H1	M1H2	M1H3	M1H4
%HUMEDAD	6.25	6.02	9.84	5.26

MUESTRAS	M1H1	M1H2	M1H3	M1H4
%HUMEDAD	9.09	11.48	5.71	5.95

Fórmula:

$$CH = \frac{(PFM(gr) - PSM(gr))}{PSM (gr)} \times 100$$

Dónde:

CH : Contenido de Humedad

PFM : Peso fresco de la muestra

PSM : Peso seco de la muestra

Cuadro N° 17: Biomasa Arbórea Viva Sector “H1”

N° Sp	Especie	DAP (cm)	BIOMASA Kg/árbol)	BIOMASA Tn/ha)
1	Capirona	13	77.92	0.78
2	Capirona	17.5	165.29	1.65
3	Capirona	12.5	70.56	0.71
4	Capirona	13.5	85.72	0.86
5	Capirona	10.5	45.39	0.45
6	Capirona	24	367.52	3.68
7	Capirona	18.8	198.14	1.98
8	Capirona	16.6	144.62	1.45
9	Capirona	12.8	74.92	0.75
10	Capirona	13.5	85.72	0.86
11	Capirona	13	77.92	0.78
12	Capirona	20	231.72	2.32
13	Capirona	13.2	80.98	0.81
14	Capirona	11	51.06	0.51
15	Capirona	13	77.92	0.78
16	Capirona	15	111.91	1.12
17	Capirona	16.5	142.42	1.42
18	Capirona	12.4	69.14	0.69
19	Capirona	17.3	160.55	1.61
20	Capirona	15.5	121.59	1.22
21	Capirona	14.3	99.16	0.99
22	Capirona	12	63.63	0.64
23	Capirona	17.5	165.29	1.65
24	Capirona	27	495.11	4.95
25	Capirona	15	111.91	1.12
26	Capirona	10.5	45.39	0.45
27	Capirona	11.5	57.14	0.57
Total Sub Parcela H1			3478.63	34.79
Promedio H1			128.84	1.29

Cuadro N° 18: Biomasa Arbórea Viva Sector “H2”

N° Sp	Especie	DAP (cm)	BIOMASA Kg/árbol)	BIOMASA Tn/ha)
1	Capirona	23	330.01	3.30
2	Capirona	26	450.02	4.50
3	Capirona	27	495.11	4.95
4	Capirona	16	131.76	1.32
5	Capirona	19	203.52	2.04
6	Capirona	22	294.90	2.95
7	Capirona	21.5	278.24	2.78
8	Capirona	20	231.72	2.32
9	Capirona	13	77.92	0.78
10	Capirona	16	131.76	1.32
11	Capirona	19	203.52	2.04
12	Capirona	18	177.50	1.77
13	Capirona	18	177.50	1.77
14	Capirona	22	294.90	2.95
15	Capirona	22	294.90	2.95
16	Capirona	14	93.98	0.94
17	Capirona	23	330.01	3.30
18	Capirona	20	231.72	2.32
19	Capirona	22	294.90	2.95
Total Sub Parcela H2			4723.88	47.24
Promedio H2			248.63	2.49

Cuadro N° 19: Biomasa Arbórea Viva Sector “H3”

N° Sp	Especie	DAP (cm)	BIOMASA Kg/árbol)	BIOMASA Tn/ha)
1	Capirona	19.5	217.34	2.17
2	Capirona	15.5	121.59	1.22
3	Capirona	19	203.52	2.04
4	Capirona	11.3	54.66	0.55
5	Capirona	20	231.72	2.32
6	Capirona	14	93.98	0.94
7	Capirona	15.5	121.59	1.22
8	Capirona	17	153.60	1.54
9	Capirona	11.5	57.14	0.57
10	Capirona	10	40.12	0.40
11	Capirona	27	495.11	4.95
12	Capirona	17.5	165.29	1.65
13	Capirona	11	51.06	0.51
14	Capirona	16	131.76	1.32
15	Capirona	18.5	190.24	1.90
16	Capirona	15	111.91	1.12
17	Capirona	12	63.63	0.64
18	Capirona	10.5	45.39	0.45
19	Capirona	17	153.60	1.54
20	Capirona	10	40.12	0.40
21	Capirona	21	262.16	2.62
22	Capirona	17	153.60	1.54
Total Sub Parcela H3			3159.10	31.59
Promedio H3			143.60	1.44

Cuadro N° 20: Biomasa Arbórea Viva Sector “H4”

N° Sp	Especie	DAP (cm)	BIOMASA Kg/árbol)	BIOMASA Tn/ha)
1	Capirona	23	330.01	3.30
2	Capirona	16	131.76	1.32
3	Capirona	26	450.02	4.50
4	Capirona	13	77.92	0.78
5	Capirona	13	77.92	0.78
6	Capirona	17	153.60	1.54
7	Capirona	23	330.01	3.30
8	Capirona	15	111.91	1.12
9	Capirona	17	153.60	1.54
10	Capirona	12	63.63	0.64
11	Capirona	13	77.92	0.78
12	Capirona	15	111.91	1.12
13	Capirona	16	131.76	1.32
14	Capirona	17	153.60	1.54
15	Capirona	11	51.06	0.51
16	Capirona	21	262.16	2.62
17	Capirona	12	63.63	0.64
18	Capirona	18	177.50	1.77
19	Capirona	13	77.92	0.78
20	Capirona	22	294.90	2.95
21	Capirona	14	93.98	0.94
22	Capirona	17	153.60	1.54
23	Capirona	29.5	619.44	6.19
24	Capirona	22	294.90	2.95
25	Capirona	12	63.63	0.64
26	Capirona	28	542.83	5.43
27	Capirona	19	203.52	2.04
Total Sub Parcela H3			5254.62	52.55
Promedio H3			194.62	1.95

Fórmulas empleadas:

$$BA = 0.1184DAP^{2.53}$$

Donde: BA= Biomasa arbórea viva; DAP= Diámetro a la altura del pecho.

$$BAVT (Tn/ha) = BTAV * 0.02$$

Donde: BAVT = biomasa de árboles vivos en Tn/ha;

BTAV = biomasa total de las parcelas.

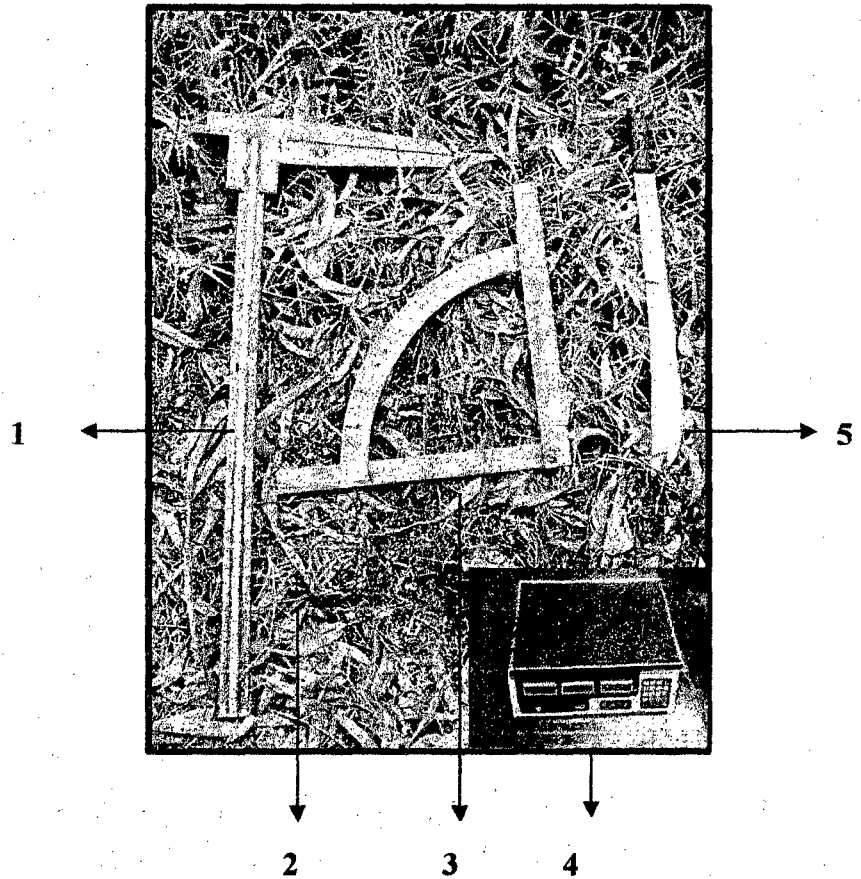
0.02 = factor de conversión para la parcela.

Cuadro N° 21: Resumen de Biomasa Arbórea Viva por Sectores

ESPECIE/UNIDAD	H1	H2	H3	H4	TOTAL PARCELA	PROMEDIO PARCELA
CAPIRONA(Tn/ha)	1.29	2.49	1.44	1.95	7.17	1.79

Anexo 04
Panel Fotográfico

PRINCIPALES MATERIALES UTILIZADOS EN EL ESTUDIO.

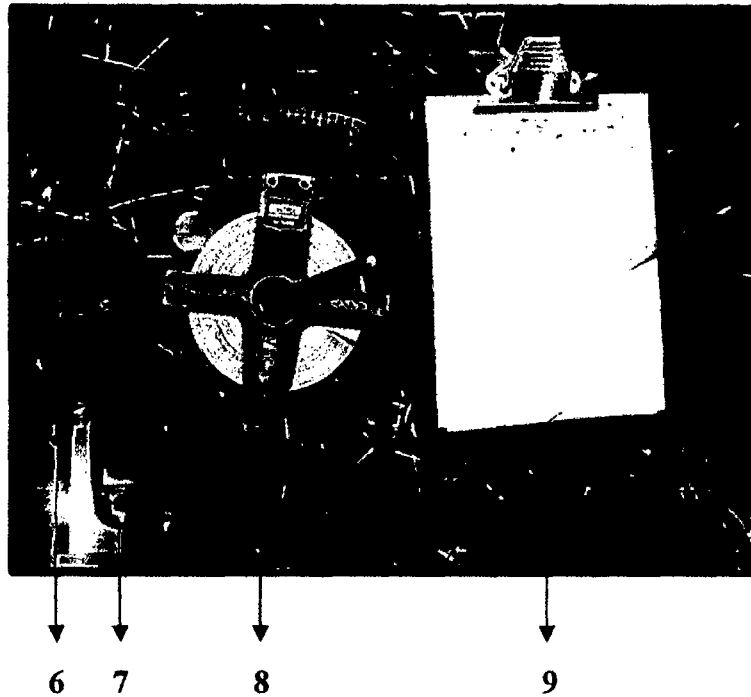


Materiales de campo:

- 1. Forcípula**
- 2. Rafia**
- 3. Hipsómetro**
- 4. Machete**
- 5. Balanza**

- **Otros materiales utilizados en el estudio.**

Foto N° 02:



Materiales de campo:

- 6. **Pie de rey**
- 7. **GPS**
- 8. **Wincha 50m**
- 9. **Tablero con matriz de campo**

Foto N° 03:

- **Reconocimiento del área de estudio**



Foto N° 04



Foto N° 05:



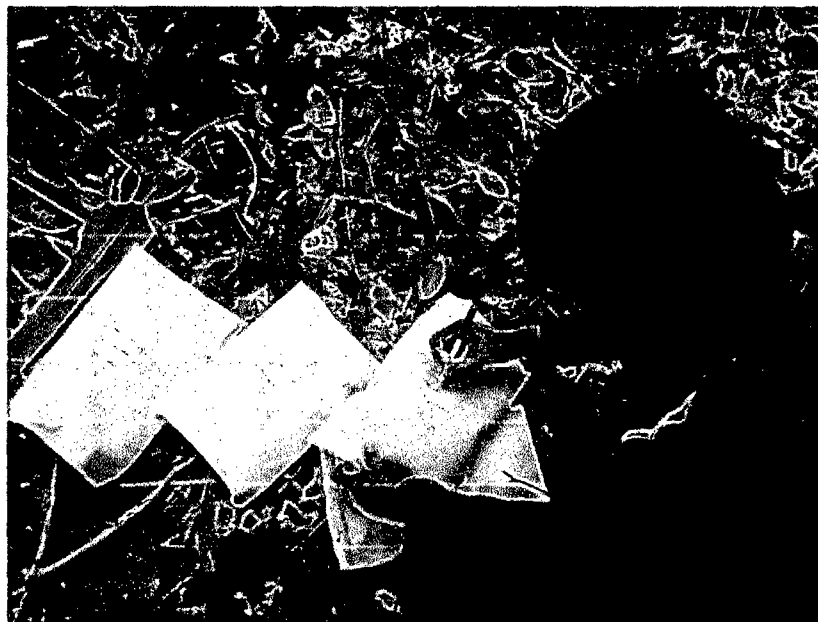
CUADRANTES PARA LA RECOLECCIÓN DE BIOMASA.

Foto N° 06:



Recojo de muestras iniciales en folder manila.

Foto N° 07:



Hojarascas de las sub parcelas

Foto N° 08:



Medición del DAP

Foto N° 09:



Medición de distancia para el cálculo de alturas